1977 ISSN 0017 – 4939

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG
Hannover · Dortmund · Darmstadt · Berlin

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Braunschweig

Printed in Germany

H 6661 F

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift für Kybernetische Pädagogik und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense, Gerhard Eichhorn und Helmar Frank

Band 18 · Heft 3
September 1977
Kurztitel: GrKG 18/3

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft“, die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren*, und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen*, einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Manuskriptsendungen gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung:

Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer
(Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik
Riemekestraße 62, D - 4790 Paderborn
Tel.: (0 52 51) 3 20 23 u. 3 20 90

Die GrKG erscheinen in der Regel mit einer Knapptextbeilage in Internationaler Sprache mit dem Titel „Homo kaj Informo“.

Anzeigenverwaltung und Vertrieb: Hermann Schroedel Verlag KG,
Zeißstraße 10, D - 3000 Hannover 81

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je ca. 36 Seiten.
Preis: Einzelheft DM 9,— Jahresabonnement DM 31,40
Jeweils zuzüglich Versandspesen. Alle Preise enthalten 5,5 % MWSt.

Abbestellungen von Jahresabonnements nur bis einen Monat vor Jahresende.

Derzeitige Bemühungen um Erweiterungen des informationspsychologischen Modells

von Helmar FRANK, Paderborn
aus dem FEoLL-Institut für Kybernetische Pädagogik, Paderborn (Direktor: Prof. Dr. Helmar Frank)

0. *Ausgangslage*

Der Stand der Informationspsychologie, der wichtigsten Grundwissenschaft der kybernetischen Pädagogik, ist ausführlich als 5. Kapitel der „Kybernetischen Grundlagen der Pädagogik“ in deren zweiter Auflage (Frank, 1969) dargestellt worden. Seither erschienen — insbesondere in den „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft“, in den Kongreßberichten der Gesellschaft für Programmierte Instruktion und Mediendidaktik (GPI) und in der von G. Lobin herausgegebenen Sammelbandreihe „Kybernetik und Bildung“ — mehrere, auf Spezialarbeiten verstreute, teilweise ebenfalls pädagogisch relevante Ergänzungen, jedoch keine erweiterte Gesamtdarstellung dieses Gebiets. Zwischen der von Klix, 1971, zusammengefaßten Darstellung der informationspsychologischen Arbeiten, vor allem seiner (ohne kybernetisch-*pädagogische* Abzweckung arbeitenden) Forschungsgruppe, und der hier vertretenen kybernetisch-pädagogischen Psychostrukturtheorie fehlt noch die Verknüpfung.

Der folgende Versuch, einen Überblick über die derzeitigen Bemühungen um notwendige Erweiterungen der Psychostrukturtheorie zu verschaffen, wurde durch Walters (1974) kritische, vor allem die didaktische Anwendbarkeit prüfende Betrachtung der informationspsychologischen Modellierungen in der kybernetischen Pädagogik ausgelöst. Walter hebt hauptsächlich fünf Mängel hervor:

1. den „noch recht vagen Einbezug“ und die fehlende Kalkülisierung der „Intelligenz“ (Frank, 1969, Abschn. 5.8), deren völlige Unabhängigkeit von einzelnen, namentlich auch den Kurzspeicher betreffenden, Parametern Walter anzweifelt;
2. die Beschränkung der (überdies kaum kalkülisierenden) Betrachtung des klassenbildenden Superierens auf nur elementare Prozesse (Frank, 1969, Abschn. 5.6);
3. die nicht ausdrückliche Berücksichtigung der Abhängigkeit der (mittleren) Lernwahrscheinlichkeit (für welche in Frank, 1969, Abschn. 5.7, ein Wert um 13 % berechnet wurde) vom gruppen- bzw. schichtenspezifischen Wortschatz;
4. den ebenfalls „noch recht vagen Einbezug“ und die fehlende Kalkülisierung der „Motivation“ (Frank, 1969, Abschn. 5.8);
5. die (im selben Abschnitt) nur andeutungsweise erfolgte Aufdeckung der altersabhängigen, *qualitativen* Veränderungen des Lern- und Problemlösungsverhaltens, worüber insbesondere von Piaget und seinen Schülern (Morf u.a.) umfangreiche Forschungsergebnisse vorliegen.

Walter verschweigt bei dieser berechtigten Kritik nicht, daß es auch „den Vertretern der Erziehungswissenschaft und der ‚traditionellen Didaktik' nicht gelungen ist, über komplexqualitative Aussagen hinaus überzeugende, theoretisch stringente und *technologisch umsetzbare* Modelle zu entwerfen" (also eine weiterreichende didaktische Anwendbarkeit zu erzielen) und versucht – zunächst programmatisch – durch einen „Brückenschlag" zwischen kybernetischer Pädagogik und pädagogischer Psychologie zu einem tragfähigen Psychostruktur-Fundament der Didaktik zu gelangen.

Im folgenden wird – unter (meistens) weiterführender Verwendung verschiedener Ansätze, die z.T. Walter selbst lieferte – versucht, die informationspsychologische Theorie an den kritisierten fünf Schwachstellen etwas zu verbessern und damit die erwähnte Gesamtdarstellung der Informationspsychologie zu ergänzen.

1. *Kurzspeicher und Intelligenz*

In mehreren, in den „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft" veröffentlichten, zusammen mit verschiedenen anderen Autoren verfaßten Arbeiten hat S. Lehrl versucht, die Länge des subjektiven Zeitquants SZQ (und damit die in bit/sec gemessene Apperzeptionsgeschwindigkeit C_k = 1 bit/SZQ) sowie die Länge der Gegenwartsdauer mit der Intelligenz in Zusammenhang zu bringen. Nach Abtrennung der Altersabhängigkeit ergab sich bei Normalpersonen eine negative Korrelation von mehr als 70% zwischen der (durch einen Wortschatztest gemessenen) Intelligenz und der SZQ-Länge, sowie eine knapp 60%ige positive Korrelation zwischen Intelligenz und Gegenwartsdauer T (Lehrl, B. Straub u. R. Straub, 1975). Aus späteren, genaueren Untersuchungen schließt Lehrl, „der Kurzspeicher determiniere das allgemeine Intelligenzniveau", und vermutet, daß eine nichtabgedeckte Restvarianz von 26% vielleicht „zwar noch durch eigene intellektuelle Faktoren, wie Superationsfähigkeit" aufklärbar sei, wahrscheinlich jedoch „Umwelteinflüsse ... einen größeren Einfluß nehmen" (Lehrl und Erzigkeit, 1976, S. 117).

Bemerkenswert sind Argumente (a.a.O. S. 115), wonach die Feststellung der Abnahme von C_k, T und dem daraus ermittelten Fassungsvermögen K_k des Kurzspeichers nach etwa dem 20. Lebensjahr (vgl. Frank, 1969, Bilder 99, 101 und 103) auf systematische Meßfehler zurückzuführen seien; bei (von ihm ausschließlich betrachteten) Erwachsenen hält Lehrl C_k, T und damit auch K_k „für relativ altersstabile Kapazitäten". Die *individuelle* Streuung von C_k ist überraschend groß: nach Lehrl (1974, S. 95) liegt die Apperzeptionsgeschwindigkeit bei 68% der Erwachsenen zwischen etwa 13 und etwa 19 bit/sec.

Anstelle einer Berücksichtigung der durch traditionelle Teste gemessenen (und definierten!) „Intelligenz" ist daher in der Informationspsychologie die individuelle Streuung der bisher nur als Funktion des Alters betrachteten Parameter C_k und T zu berücksichtigen. Für die Praxis der kybernetischen Pädagogik sind dazu einfach handhabbare Meßverfahren zu entwickeln und Ergebniszuordnungen zu anderweitig gemessenen „Intelligenz"-Leistungen tabellarisch aufzustellen.

2. *Zum Superieren durch Klassenbildung*

Den Versuchen von Morin, Forrin und Archer (1961) konnte entnommen werden (Frank, 1969, Bild 110), daß die Superierung durch Klassenbildung je nach der Ähnlichkeit der als Varianten des gleichen Superzeichens aufzufassenden Zeichen unterschiedlich rasch erlernt wird. Was hier für die *syntaktische* Zeichenfunktion gezeigt wurde (und pädagogisch z.B. beim Erkennenlernen unterschiedlich realisierter Sprachlaute oder beim Lesenlernen verschiedener Handschriften eine Rolle spielt), gilt auch für die *semantische* Zeichenfunktion, also insbesondere für die Bildung von Oberbegriffen. Ulrich (1976) und Walter (1976a, b) entwickelten eine Meßmöglichkeit für die Schwierigkeit dieses Lernprozesses, wobei zugleich Hinweise auf didaktische Möglichkeiten seiner Erleichterung gewonnen wurden.

Die Autoren sehen Begriffe (z.B. „Magnet", „Nagel", „Jesuit", „Buddhist" usf.) durch eine Reihe von Merkmalen bestimmt, die mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit bzw. Schnelligkeit zu dem Begriff, auf den sie zutreffen, assoziiert werden. Ein solches Merkmal ist Oberbegriff aller Begriffe, auf die es zutrifft. Die Wahrscheinlichkeit P, mit welcher ein bestimmtes, zwei Begriffen gemeinsames Merkmal tatsächlich als gemeinsames Merkmal genannt wird, erweist sich als monoton steigende Funktion $P_2 = P_2(p_1, p_2)$ der Wahrscheinlichkeiten p_i $(i = 1; 2)$, mit welchen diese Eigenschaft zu den beiden Begriffen einzeln assoziiert wird.

Daraus ist mit Ulrich *qualitativ* die didaktische Regel abzuleiten, daß das Lernen des Oberbegriffs erleichtert wird, wenn zunächst bei den zu superierenden Unterbegriffen die Assoziationen zu den relevanten gemeinsamen Merkmalen verstärkt werden. *Quantitativ* kann man den Zusammenhang in der von Walter (1976a, b) beschriebenen Weise messen oder durch eine auf Selbstbeobachtung gestützte Modellbildung mathematisch ableiten.

Walter forderte seine 80 Versuchspersonen auf, „dem ihnen jeweils vorliegenden Begriff innerhalb 90 Sekunden möglichst viele und zutreffende Eigenschaften zuzuordnen"; in einem zweiten, sonst gleichen Teilversuch sollten die Vpn zu Begriffspaaren „möglichst viele und zutreffende *gemeinsame* Eigenschaften notieren" (Walter, 1976a, S. 27). Die Werte p_1, p_2 und P_2 konnten dann durch die entsprechenden relativen Häufigkeiten der Nennung eines bestimmten Merkmals gemessen werden. Von den beiden, von Walter ohne Begründungsversuch gemachten Ansätzen

(1a) $$P_2 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$$ (1b) $$P_2 = p_1 \cdot p_2$$

beschreibt der erste die empirischen Befunde wesentlich besser als der zweite, ist aber in sich nicht widerspruchsfrei, da P_2 für große p_i größer als 1 würde. Nur die Merk-

male, für deren Meßwertprodukt $p_1 \cdot p_2 \cdot P_2 > 0$ galt, wurden der weiteren Untersuchung zugrundegelegt.

Durch Introspektion gewinnt man folgenden plausiblen Modellansatz. Man vergegenwärtigt sich den Begriff B_1, assoziiert mit einer Wahrscheinlichkeit q_1 ein bestimmtes Merkmal, welches man äußert, sofern es auf B_2 *auch* zutrifft. Sodann vergegenwärtigt man sich den Begriff B_2, wobei die Wahrscheinlichkeit, erst *jetzt* das besagte Merkmal zu äußern, $(1-q_1) \cdot q_2$ ist. – Mit gleicher Wahrscheinlichkeit hätte auch mit dem Begriff B_2 begonnen werden können. Die Wahrscheinlichkeit Q_2, bei diesem Assoziationsversuchs*paar* auf das besagte gemeinsame Merkmal zu stoßen, ist also

(2) $$Q_2 = {}^1/2(q_1 + (1-q_1) \cdot q_2 + q_2 + (1-q_1) \cdot q_1) = q_1 + q_2 - q_1 \cdot q_2$$

Falls zu jedem Begriff insgesamt nur *eine* Assoziation erfolgt oder je nur die Nennung in einer bestimmten Rangposition (z.B. die jeweils erste Nennung) registriert wird, ist trivialerweise $q_i = p_i$ und $Q_2 = P_2$. Kommt es (unabhängig voneinander) zu $r \geqslant 1$ verschiedenen Assoziationen zu den Einzelbegriffen B_i bzw. zum Begriffspaar B_1B_2, dann ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß dabei in *irgendeiner* Rangposition das beachtete Merkmal auftaucht

(3a) $$p_i = 1 - (1-q_i)^r$$ bzw. (3b) $$P_2 = 1 - (1-Q_2)^r$$

Ist in (3a) und (3b) *derselbe* Wert r einzusetzen (werden also zu den Einzelbegriffen und zum Begriffspaar *gleichviel* Merkmale assoziiert – oder zumindest zu assoziieren versucht) dann erhält man durch Auflösen von (3a) nach q_i (für i = 1;2), Einsetzen in (2) und Einsetzen des so bestimmten Q_2 in (3b) nunmehr allgemein

(4) $$P_2 = p_1 + p_2 - p_1 \cdot p_2$$

Bei der Versuchsanordnung von Walter kommt es jedoch in der Regel zu weniger Merkmalsassoziationen zu B_1B_2 als zu jedem B_i, sei es, weil jene komplexere geistige Operation in derselben Zeit weniger oft durchführbar ist, sei es, weil die logische Ähnlichkeit der Begriffe, d.h. der Anteil $ä$ gemeinsamer Merkmale an der zu einem der Begriffe assoziierten Gesamtmerkmalmenge kleiner als 1 ist. Setzt man also in (3a) $r = n$, dann ist in (3b) $r = ä \cdot n$ zu setzen, wobei $ä \leqslant 1$ als Maß der Begriffsähnlichkeit ($u = {}^1/ä = 1$ als „Unähnlichkeit") deutbar ist. Statt (4) erhält man mittels desselben Rechengangs

(5) $$P_2 = 1 - ((1-p_1) \cdot (1-p_2))^{ä} = 1 - \sqrt[u]{(1-p_1) \cdot (1-p_2)}$$

Je kleiner die Ähnlichkeit desto kleiner wird P_2; für den Maximalwert $ä = 1$ geht (5) in (4) über. Für das von Walter (1976b, S. 44) untersuchte Begriffspaar Autoreifen/Ball wird P_2 mit $ä = 1$ für 9 der 12 Merkmale etwas größer, mit $ä = {}^1/2$ für 8 der 12 Merkmale etwas kleiner als der je angegebene Meßwert p_e. Aus (5) folgt

(6) $$\log(1-P_2) = ä \cdot (\log(1-p_1) + \log(1-p_2))$$

womit die jeweilige „Ähnlichkeit" zweier Begriffe als Steigung der Regressionslinie ermittelbar und mit dem (leider nicht mitgeteilten) a priori als Ähnlichkeit deutbaren Prozentsatz gemeinsamer Merkmale vergleichbar wird.

Werden $m \geqslant 2$ Unterbegriffe genannt, dann verallgemeinert sich unter sonst gleichen Voraussetzungen (4) zu

(7) $$P_m = 1 - \prod_{i=1}^{m} (1-p_i)$$

Man erkennt daraus inbesondere, daß die Wahrscheinlichkeit P_m dafür, ein gemeinsames Merkmal von m Begriffen in einer bestimmten Rangposition (z.B. an erster Stelle) zu nennen, wenn es zu den getrennt präsentierten in dieser Rangposition mit den Wahrscheinlichkeiten p_i assoziiert wurde, sowohl mit p_i als auch mit m erhöht werden kann.

Didaktisch interessanter aber mathematisch schwieriger ist die Verallgemeinerung von (5). Ist ein Oberbegriff durch das *gemeinsame* Zutreffen von k der Begriffsmerkmale *gekennzeichnet*, dann treffen diese *sicher* auf alle $m \geqslant 1$ zufällig herausgegriffenen Unterbegriffe zu. Ist w die mittlere Zutreffenswahrscheinlichkeit eines der $r-k$ *irrelevanten* Merkmale auf einen Unterbegriff, dann gibt es (unter den einfachsten wahrscheinlichkeitstheoretischen Voraussetzungen) noch weitere

(8) $$z_m(k) = \sum_{j=o}^{k-r} j \cdot \binom{k-r}{j} \cdot w^{m \cdot j} \cdot (1-w^m)^{k-r-j}$$

zufällig auf alle diese m Unterbegriffe zutreffenden Merkmale. Diese Zahl sinkt nicht nur mit steigender Zahl m der Beispiele, sondern auch mit steigender Zahl k der gemeinsamen Merkmale *aller* Unterbegriffe, also mit zunehmender Enge und damit zunehmendem semantischen Informationsgehalt des Oberbegriffs. Für die in (5) einzusetzende theoretische Ähnlichkeit von $m = 2$ Begriffen gilt

(9) $$ä = \frac{k + z_2(k)}{k + z_1(k)}$$

Sie – und mit ihr P_2 – steigt, wie phänomenologisch zu fordern ist, mit wachsendem k. Umgekehrt je ärmer an semantischer Information, d.h. je allgemeiner der Oberbegriff ist, also insbesondere: auf je höherer Stufe das klassenbildende Superieren geleistet werden soll, desto kleiner muß theoretisch P_2 sein. Dies steht nicht im Widerspruch zu dem von Walter (1976a, S. 30) gefundenen Ergebnis, daß zwischen den Befunden bei konkreten und abstrakten Reizworten kein Unterschied feststellbar war; denn abstrakte Begriffe können sehr speziell (eng, also durch großes k gekennzeichnet) sein, während umgekehrt manche konkreten Begriffe sehr wenig semantische Information enthalten können („Nagel" vielleicht weniger als „Buddhist").

Alle bisherigen Aussagen bezogen sich auf die Erkennungswahrscheinlichkeit *eines* gemeinsamen Merkmals M_j von m Begriffen. Wenn deren Oberbegriff durch k unabhän-

gig voneinander assoziierte solche Merkmale gekennzeichnet ist, dann werden diese insgesamt – und damit der Oberbegriff selbst – mit der Wahrscheinlichkeit

$$(10) \qquad P = \prod_{j=1}^{k} P_m(j)$$

erkannt. Jeder Faktor $P_m(j) \geqslant 1$ wächst mit k, jedoch wirkt die ebenfalls mit k wachsende Faktorenzahl der Auswirkung auf P desto stärker entgegen, je schwächer die relevanten Merkmale zu den Unterbegriffen assoziiert sind. Ulrichs didaktische Regel ist daher desto mehr zu beachten, je spezieller (reicher an Merkmalen bzw. an semantischer Information) der zu lernende Oberbegriff ist.

3. *Lernwahrscheinlichkeit*

Die Lernwahrscheinlichkeit a für gleichartige Lernelemente ist unschwer im Selbstversuch bestimmbar. Man ermittelt dazu die durchschnittliche Zahl $\bar{n}$ der erforderlichen Lernversuche bis zur Aufnahme ins vorbewußte Gedächtnis für jedes Lernelement, z.B. für jedes der „gleich schwierigen" (weil gleich *langen* und keiner ihrer Entsprechungen in den schon gelernten Sprachen ähnlichen) Wörter einer Fremdsprache. Daraus errechnet man $a = {}^1/\bar{n}$.

Es zeigt sich (Frank, 1977b), daß die Bedeutung fremdsprachlicher Wörter, also die Zuordnung der muttersprachlichen Wortentsprechung (sog. „rezeptive" oder „passive" Sprachbeherrschung) *nicht* von der Länge L des Wortes – bzw. nicht von seinem syntaktischen Informationsgehalt – abhängt, daß aber die Lernwahrscheinlichkeit für Wortverständnis *und* Wortwiedergabefähigkeit (Hinübersetzungsfähigkeit, d.h. auch „aktive", „produktive" Sprachbeherrschung) exponentiell mit L abklingt. Der (damals 42jährige) Verfasser ermittelte für sich beim Lernen fremdartiger Vokabeln der Internacia Lingvo eine Lernwahrscheinlichkeit des bloßen Verständnisses von etwa 0,37, während sich für die auch aktive Behrrschung der L Buchstaben langen Wortwurzeln die Lernwahrscheinlichkeit ungefähr zu

$$(11a) \qquad a_{42} = 0{,}37 \cdot 0{,}9^L$$

ermitteln läßt (Frank, 1977b). Nach Untersuchungen, die B.S. Meder (1977) im Rahmen des Sprachorientierungsunterrichts bei 8jährigen Grundschülern durchführte, liegt bei Kindern nur der erste Faktor niedriger, der die Lernwahrscheinlichkeit für das bloße *Verstehen* darstellt: nämlich bei 0,08. Der Zusatzaufwand für die auch *produktive* Sprachbeherrschung scheint dagegen altersunabhängig zu sein:

$$(11b) \qquad a_8 = 0{,}08 \cdot 0{,}9^L$$

Geht man (wie in Frank, 1969, Abschnitt 5.7) von $L = 10$ aus, dann erhält man auch aus (11a) eine Lernwahrscheinlichkeit von etwa 13%.

Daß die mittlere Lernwahrscheinlichkeit gemäß der Vermutung von Walter (1974) vom Wortschatz abhängt, ist jetzt deutlich: die Lernwahrscheinlichkeit für Vokabeln, welche eine Ähnlichkeit mit schon *bekannten* Entsprechungen in anderen Sprachen aufweisen, ist *größer* als die Lernwahrscheinlichkeit völlig fremder Vokabeln.

Ein *mittlerer* Wert der Lernwahrscheinlichkeit (nicht unbedingt der arithmetische Mittelwert!) bestimmt den Verlauf der *globalen* Lernkurve und kann (beim höchstmöglichen Effikanzwert $\eta = 1$; vgl. Frank, 1975, 1976, 1977a) aus deren Anfangssteigung abgeleitet werden. Die andernorts (Frank, 1975) durchgeführte Modellrechnung führt auf die Beziehung

$$(12) \qquad a = 1 - e^{-C_v/C_k}$$

wobei $C_v \leqslant 0{,}7$ bit/sec die altersabhängige Lerngeschwindigkeit und C_k die schon in Abschn. 1 erwähnte, ebenfalls altersabhängige Aufnahmegeschwindigkeit in den Kurzspeicher (Apperzeptionsgeschwindigkeit) bezeichnet. Für den Fall der Lernsteuerung oder einer Lernregelung mit geringer Rückkoppelung (z.B. für den üblichen Klassenunterricht; vgl. Frank, 1977a) mit der Effikanz η und der Vorkenntnis p_o ergibt sich daraus die Lernfunktion

$$(13) \qquad p_t = 1 - (1 - p_o) \cdot e^{-\eta \cdot C_v \cdot t/I}$$

wobei t die Lernzeit, I die Gesamtinformation aller einen bestimmten Lehrstoff bildenden Lernelemente zusammen, $p_o = I(0)/I$ die Vorkenntnis und $p_t = I(t)/I$ der zum Zeitpunkt t von I schon gelernte Prozentsatz ist (bzw. die Wahrscheinlichkeit, mit welcher inzwischen ein beliebig herausgegriffenes Element gelernt wurde).

Aus (12) folgt, daß die Lernwahrscheinlichkeit innerhalb des größtmöglichen Lehr-Informationsflusses (Geschwindigkeit C_k; Effikanz 1), bei welchem jedes der m gleichartigen Elemente gleich häufg auftritt, nur von C_v und C_k abhängt und näherungsweise C_v/C_k (beim 20jährigen nur etwa 4%) beträgt – und daß folglich die Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmtes dieser Elemente innerhalb einer Zeiteinheit (Sekunde) gelernt wird, für jedes etwa $m \cdot C_v/I$ beträgt. Größere Lernwahrscheinlichkeiten, wie sie insbesondere durch (11) beschrieben werden, sind nur möglich innerhalb eines *anders* strukturierten Lehr-Informationsflusses, bei welchem nicht *nur Lehrstoff*elemente auftreten (bzw. diese Lehrstoffelemente nicht gleich häufig oder mit unterschiedlichem Informationsgehalt), so daß die nunmehr *verschiedenen* Lernwahrscheinlichkeiten a um den Näherungswert C_v/C_k *streuen*. Damit kann man zwar die Wahrscheinlichkeit *vergrößern*, daß *bestimmte* Lehrstoffelemente *schon* bei einem *einmaligen* Lernversuch gelernt werden, nicht jedoch die erforderliche Lernzeit für einen Lehrstoffanteil $I(t)$ *verkleinern*, da ja die Lernwahrscheinlichkeit anderer Lehrstoffelemente verkleinert bzw. irrelevante (ästhetische) Information zugefügt und (unter Zeitverlust!) mitgelernt wird, was die Effikanz η, d.h. die Güte der Zeitausnutzung, verringert.

Für die von Walter (1974) als „gesichertes Ergebnis" behauptete Abhängigkeit der Lernwahrscheinlichkeit von schichtenspezifischen Merkmalen, wie insbesondere dem Wortschatz, gibt es folgende nächstliegende Erklärungen:

(1) Da der Wortschatz mit der „Intelligenz" korreliert, diese ihrerseits von Lehrl (vgl. Abschnitt 1) weitgehend auf einfache informationspsychologische Parameter zurückgeführt wird, stellt Gleichung (12) den Zusammenhang her.

(2) Mit höherem Wortschatz sinken Informationsgehalt und damit Auffälligkeit zahlreicher Elemente des apperzipierten Informationsflusses, womit zwangsläufig für andere, noch zu lernende, neue Elemente innerhalb dieses Informationsflusses die Auffälligkeit und damit (vgl. Frank, 1969, Abschn. 5.7) die Lernwahrscheinlichkeit steigen.

Da jedoch außerhalb der Informationspsychologie unter „Lernwahrscheinlichkeit" meist nicht a sondern $p_t = I(t)/I$ verstanden wird, ergeben sich aus (13) noch zwei zusätzliche Erklärungen:

(3) Mit höherem Vorwissen $p_0 = I(0)/I$ steigt p_t.

(4) Das schichtenspezifisch unterschiedliche Interesse am Lehrstoff ist eine motivationale Einflußgröße auf η und damit auf p_t.

4. *Motivation und Lernen*

Daß die Motivation zu einer Erhöhung des Lernerfolgs p_t führen kann, wird in der Informationspsychologie nicht durch Ergänzungen zur Theorie der auffälligkeitsproportionalen Lernwahrscheinlichkeit, sondern durch die motivationsbedingte „Konzentration" auf gewisse Lernelemente erklärt, „so daß diese für eine angebbare Zeit *über die Gegenwartsdauer hinaus* im Kurzspeicher gewahrt" werden; sie sind dann „lange genug gegenwärtig, um mit genügend hoher Wahrscheinlichkeit für das vorbewußte Gedächtnis *zufällig* ausgewählt zu werden" (Frank, 1969, S. 136). Gleichung (13) erlaubt nun eine genauere Formulierung dieses Ansatzes, indem sie als für den „mit passiver Aufmerksamkeit dem Unterricht folgenden Schüler" gültiger Spezialfall interpretiert wird.

Wird bei einer Lernsteuerung auch Information geliefert, die nicht zur Lehrstoffinformation gehört, so daß bei einer passiven Bewußtseinshaltung des Lernenden die Effikanz kleiner als 1 ist, dann kann ein zielstrebiger (interessierter, leistungsorientierter) Schüler, der sich das Lehrziel zum Lernziel macht, für sich persönlich die dem β-η-Diagramm (vgl. Frank, 1977a, Bild 2) entnehmbare Effikanz dadurch *steigern* (und damit den Lernerfolg verbessern), daß er sich auf die Lehrstoffinformation *konzentriert*, d.h. sie auf Kosten apperzipierbarer irrelevanter Informationsgehalte im Kurzspeicher *wahrt*. Umgekehrt kann ein leistungsunwilliger Schüler η für sich persönlich dadurch weiter *senken*, daß er bevorzugt an aufgenommene irrelevante (insbesondere auch soziokulturell bedingte) Information reflexive Bewußtseinsprozesse anschließt und auf diese Weise (vorübergehend) „abschaltet".

Da die Neigung zur einen oder zur anderen der erwähnten spontanen inneren Verhaltensweisen (oder auch zu beiden!) sich einer quantitativen Beobachtung nicht grundsätzlich entzieht, ist die Aufstellung einer Formel für die „subjektive Effikanz" gerechtfertigt.

Wir nehmen an, eine bestimmte Motiviertheit zur Lehrstoffaneignung veranlasse den Lernenden, sich während des Prozentsatzes m der eingestreuten „unergiebigen" Zeitsegmente des Unterrichts weiterhin mit dem Lehrstoff zu beschäftigen. Sicher ist m kleiner als 1 (= 100 %), da der Lernende wenigstens stichprobenhaft auch das irrelevante Informationsangebot apperzipieren muß, um dessen Irrelevanz feststellen und demgemäß die einstweilige, spontane Eigenaktivität zulassen zu können. Ist der Anteil der unergiebigen Zeitsegmente am Unterricht nicht zu groß, also dessen Effikanz nicht zu klein, dann dürfte m von η unabhängig sein.

Sei n die Summe der nützlichen, u die Summe der (für den *passiven* Schüler) unergiebigen Zeitintervalle eines Unterrichts der Dauer $t = n + u$, dann gibt nach Definition (Frank, 1977) der Quotient n/t die Effikanz η (dieses Unterrichts für *diesen* Schüler) an.

Bei vorliegender Motiviertheit vergrößert sich die Nutzzeit auf $n + m \cdot u$, während sich die unergiebige Zeit um den gleichen Betrag vermindert.

Umgekehrt ist anzunehmen, daß je nach dem Grad der Ablenkbarkeit die apperzipierte irrelevante Information längere oder kürzere lehrzielirrelevante reflexive Bewußtseinsprozesse auslöst, und daß der Zeitanteil, der davon auf Kosten der Apperzeption relevanter Lehrstoffinformation verstreicht, bei nicht zu kleiner Effikanz von dieser unabhängig und proportional zur „unergiebigen" Zeit ist, also proportional zu u bzw. (wegen der evtl. vorhandenen Motiviertheit) allgemeiner zur Zeit $u - mu$; der die Ablenkbarkeit widerspiegelnde Proportionalitätsfaktor sei r. Damit resultiert aufgrund der sich in m und r ausdrückenden Spontaneität des individuellen Lerners für diesen eine Nutzzeit von

$$n_{sub} = n + m \cdot u - r \cdot (u - mu) \tag{14}$$

und daraus die „subjektive Effikanz"

$$\eta_{sub} =_{Df} \frac{n_{sub}}{t} = \eta + (1 - \eta)\,(m - r + mr) \tag{15}$$

Kennt man für einen Adressaten den (zweifellos lehrstoffabhängigen!) Motivationsfaktor m und den (zweifellos von der Art der irrelevanten Information abhängigen!) Ablenkbarkeitsfaktor r, dann ermöglicht die Ersetzung von η in (13) durch die rechte Seite von (15) für diesen Adressaten eine verbesserte, individuelle Lernerfolgsprognose. — Übrigens steht (15) im Einklang mit der Erfahrung aus der pädagogischen Praxis, daß der Erfolg von „gutem" Unterricht (dessen Effikanz näher bei 1 liegt) weniger von den individuellen Spontanfaktoren m und r der Schüler abhängt als es bei weniger gutem Unterricht der Fall zu sein pflegt.

5. *Das Lernen des Problemlösens*

Schwieriger als bei den vier anderen, von Walter (1974) hervorgehobenen Schwachstellen dürfte die eingangs an fünfter Stelle aufgeführte zu beheben sein – nicht zuletzt, weil die noch zu beantwortenden Fragen vergleichsweise wenig präzise sind, was seinerseits mit ihrer weitgehend ungeklärten didaktischen Relevanz zusammenhängt. Eine kohärente Erweiterung des Psychostrukturmodells (wie bei den vier vorangegangenen Abschnitten) könnte durch eine systematische Aufarbeitung entsprechender, präzise formulierter didaktischer oder lehrplantheoretischer Aufgaben erleichtert werden.

Bisher wurde die Informationsbestimmung und die Ermittlung eines Zusammenhanges zwischen Information und Lernzeit zunächst für kognitive Lehrstoffe vom Typ der *Fakten* geleistet. *Verfahren* kann man zwar durch Basaltexte formulieren und sogar *Denkstile* durch Basaltexte beschreiben, um dann den Informationsgehalt auch solcher kognitiver Lehrstoffe nach dem Verfahren von Weltner (1967, 1970; vgl. zur Ergebnisinterpretation Frank, 1977, S. 50!) zu bestimmen. Damit könnte (z.B. durch Auflösung der Beziehung (13) nach t) nur ermittelt werden, innerhalb welcher Zeit bei einer idealen Lernregelung bzw. (im Beispiel) bei einer Lernsteuerung die *Darlegung* des Verfahrens bzw. des Denkstils mit einer verlangten Wahrscheinlichkeit vollständig bzw. zu einem verlangten Prozentsatz ins Gedächtnis aufgenommen, also abfragbar gemacht ist. Im Gegensatz zum Faktenwissen wird bei Lehrstoffen vom Typ der Verfahren und Denkstile jedoch – ähnlich wie bei psychomotorischen Lehrstoffen – die *Anwendungsfähigkeit* erwartet. Im Gegensatz zu den psychomotorischen Lehrstoffen darf aber vorausgesetzt werden, daß ein kognitives Verfahren für eine Problemlösung, dessen *Beschreibung* gelernt wurde, auch angewendet werden kann, falls auch alle *Bestandteile* dieser Beschreibung begriffen werden. (Wer die Beschreibung des Verfahrens zur schriftlichen Multiplikation mehrstelliger Zahlen lernte, aber nicht weiß, wie man *addiert*, kann das „gelernte" Verfahren nicht anwenden!) – Daher braucht sich die Kybernetische Pädagogik nicht auf eine sogenannte „operationalisierte" Lehrzielbeschreibung durch Angabe des gewünschten „Endverhaltens des Adressaten" zu beschränken, sondern darf mindestens im kognitiven Bereich auch lehrstofforientierte Lehrziele formulieren. (Vgl. dazu Frank u. B. Meder, 1971, Abschn. 2.15 und 3.30.)

Ein offenes Problem ist allerdings, ob die Fähigkeit zur Lösung von Problemen einer bestimmten Klasse, zu der es ein Problemlösungsverfahren gibt, immer und auf jeder Altersstufe am besten durch ausdrückliches Lernen dieses Verfahrens erworben wird (was Landas algorithmenorientierten Sprachunterricht – vgl. z.B. Landa, 1966 – durchgängig rechtfertigen würde!) – oder in welchen Fällen ein allmähliches, durch eine „kognitive Verlaufsfunktion" (vgl. Weltner, 1970, und – für ein Beispiel aus dem Sprachorientierungsunterricht – E. Geisler, 1977) beschreibbares „Vertraut-werdenlassen" mit der zu betrachtenden Struktur günstiger ist, wozu sich weniger ein strategisches als vielmehr ein anbietendes Lehren (vgl. die Lehrprozeßklassifikation in

Frank u. Meder, 1971, Bild 4) eignet, wenn nicht gar ein lehrsystemunabhängiges „forschendes Lernen". Man kann diesen Weg manchmal sogar dann rechtfertigen, wenn er mehr Zeit kostet als ein durch strategisches Lehren erleichtertes Lernen: falls nämlich Nebenziele gleichzeitig erreicht werden sollen und (wahrscheinlich) nur oder besser so erreicht werden können. Diese Nebenziele müßten aber ein außerordentlich hohes ideologisches Gewicht haben, wollte man z.B. einen 45fachen Zeitaufwand rechtfertigen, wie in einem von Leupold (1975) in kritischer Auseinandersetzung mit Wagenschein genannten Beispiel, oder wollte man gar amputierte oder durch Schlaganfall halbseitig gelähmte Patienten die Bewältigung von Aufgaben mit *einer* Hand nicht strategisch lehren (z.B. das Schuheknüpfen!), sondern diese Patienten im Sinne einer „antiautoritären" oder „emanzipatorischen" Erziehung im Extremfall einem „forschenden Lernen" überlassen.

Diese offenen Fragen dürften unsere These stützen, daß nicht in erster Linie durch verbesserte informationspsychologische Modellbildung, sondern vorab durch saubere didaktische und lehrplantheoretische Fallunterscheidungen und deutliche Fragestellungen die im Themenbereich „Problemlösungslernen" verbleibenden Schwachpunkte der gegenwärtigen kybernetischen Pädagogik zu überwinden sind.

Schrifttum

Frank, Helmar (1969): Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, [2]1969, Bd. 2., Agis-Verlag, Baden-Baden. 290 S.

Frank, Helmar (1975): Lehr-Wirkungsgrad und Lernzeit. GrKG 16/4, S. 113–120.

Frank, Helmar (1976): Mallonga enkonduko en la kibernetikan pedagogion. In: Behrmann/Stimec (Hrsg.), Bildung und Berechnung. Verlag difo-Druck, Bamberg. S. 9–55.

Frank, Helmar (1977a): Die Lehrerfolgs- und Zeitbedarfsprognose mit dem β-η-Diagramm. GrKG 18/2, S. 45–56.

Frank, Helmar (1977b): Zur Wiederholungszahlbestimmung bei Sprachlehrprogrammen. In: G. Lobin u. E. Bink (Hrsg.): Kybernetik und Bildung III. Schöningh, Paderborn, u. Schroedel, Hannover. S. 63–71.

Frank, Helmar, u. Meder, Brigitte S. (1971): Einführung in die Kybernetische Pädagogik. dtv, München, 204 S. (Nachgedruckt in B. Meder u. W. Schmid (Hrsg.), Kybernetische Pädagogik/ Schriften 1958–1972, Band 5, Verlag Kohlhammer, Stuttgart, 1974, S. 381–584.)

Geisler, Evelyn (1977): Zur Bestimmung von Lernwahrscheinlichkeit und Informationsabbau bei höheren Lernprozessen. In: G. Lobin u. E. Bink (Hrsg.): Kybernetik und Bildung III. Schöningh, Paderborn, u. Schroedel, Hannover. S. 43–52.

Klix, Friedhart (1971): Information und Verhalten. Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung. Einführung in naturwissenschaftliche Grundlagen der allgemeinen Psychologie. VEB Verlag der Wissenschaften, Berlin. 810 S.

Landa, Lew N. (1966): Diagnostik und Programmierter Unterricht. In: H. Frank (Hrsg.), Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Bd. 4, Klett, Stuttgart, u. Oldenbourg, München, S. 54–65.

Lehrl, Siegfried (1974): Subjektives Zeitquant und Intelligenz. GrKG 15/3, S. 91–96

Lehrl, Siegfried, u. Erzigkeit, Hellmut (1976): Determiniert der Kurzspeicher das allgemeine Intelligenzniveau? GrKG 17/4, S. 109–119.

Lehrl, Siegfried, Straub, Barbara, u. Straub, Robert (1975): Informationspsychologische Elementarbausteine der Intelligenz. GrKG 16/2, S. 41–50.

Leupold, Rudolf (1975): Programmierter Unterricht im Fach Mathematik – ein Beitrag zum Problem der Individualisierung von Unterricht. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, Jg. 1975, H. 1, S. 12–27.
Meder, Brigitte S. (1977): Informationsgehalt und Lernwahrscheinlichkeit fremdsprachlicher Wörter. In: K. Boeckmann u. U. Lehnert (Hrsg.), Bilanz und Perspektive der Bildungstechnologie. Beiträge des 14. Symposions. GPI-Eigenverlag, Gießen, 1977.
Morin, Robert, Forrin, Bert, u. Archer Weyne (1961): Information Processing Behavior: The role of irrelevant Stimulus Information. Journal of Experimental Psychology, Bd. 61, Nr. 1, S. 89–96.
Ulrich, Helmut (1976): Ein Ansatz zur Messung von Merkmalprofilen bei der Superierung durch Klassenbildung. In: G. Lobin (Hrsg.), Kybernetik und Bildung II, Schöningh, Paderborn, u. Schroedel, Hannover. S. 27–36.
Walter, Hellmuth (1974): Zur Problematik einer adressatenspezifischen Programmkonstruktion durch ein erweitertes Psychostrukturmodell. GrKG 15/2, S. 33–44.
Walter, Hellmuth (1976a): Experimentelle Analyse alternativer Ansätze zur Messung der Superierung durch Klassenbildung. GrKG 17/1, S. 22–32.
Walter, Hellmuth (1976b): Experimentelle Analyse alternativer Ansätze zur Messung der Superierung durch Klassenbildung. In: G. Lobin (Hrsg.), Kybernetik und Bildung II. Schöningh, Paderborn, u. Schroedel, Hannover. S. 37–53.
Weltner, Klaus (1967): Zur Bestimmung der subjektiven Information durch Ratetests. In: J. Schröder (Red.), Praxis und Perspektiven des Programmierten Unterrichts, Bd. II. Schnelle, Quickborn. S. 69–74.
Weltner, Klaus (1970): Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Schnelle, Quickborn. 186 S.

Eingegangen am 17. Juli 1977

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Helmar Frank, Rolandsgärten 2, D-4790 Paderborn

Zur Informationsbestimmung sprachlicher Lehrstoffe

von Brigitte S. MEDER, Paderborn
aus dem FEoLL-Institut für Kybernetische Pädagogik, Paderborn (Direktor: Prof. Dr. Helmar Frank)

1. *Problemstellung*

Voraussetzung für die Bestimmung der im Lehrstoff einer Fremdsprache enthaltenen Informationen ist die Aufteilung des Lehrstoffs in getrennt meßbare Einheiten, z.B. *Wortschatz, Grammatik, Zusammenhang zwischen Phonetik und Orthographie* sowie *Stilistik*. Die Gesamtinformation ergibt sich als Summe dieser Informationsgehalte.

Im Modellfall einer *lautgetreu* geschriebenen *Plan*sprache wie z.B. der Internacia Lingvo (Esperanto) ist diese Informationsbestimmung verhältnismäßig einfach, da die beiden letzten Summanden (nahezu) gleich Null gesetzt und die beiden ersten gut getrennt ermittelt werden können.

Nach Frank (1976b) beträgt die in der *Grammatik* dieser Plansprache enthaltene Information 14 000 bit; eine genauere empirische Überprüfung dieses nur unter vergröbernden Annahmen ermittelten Wertes steht noch aus. Im folgenden soll von der Bestimmung der im *Wortschatz* der ILo enthaltenen Information berichtet werden, die bei Frank – ebenfalls nur überschlägig – zu 56 000 bit bestimmt wurde. Dabei ist aber zu beachten, daß Frank eine vollständige Erlernung der Internacia Lingvo voraussetzt, also neben der vollständigen Grammatik alle etwa 2000 nicht zum Spezialwortschatz enger Fachgebiete gehörigen Wortwurzeln, während das hier zugrunde gelegte Lehrbuch von Korte nur den Teil enthält, der dem Ausdrucksbedürfnis ungefähr 10jähriger Kinder entspricht. Das ist etwa ein Drittel des Wortschatzes und etwa 3/4 der Grammatik.

2. *Meßmethode*

Als Versuchspersonen (Vpn) standen 8- bis 10jährige Grundschüler zur Verfügung, die sich freiwillig zum Plansprachunterricht gemeldet hatten. Die aus insgesamt 75 Vpn bestehende Stichprobe wurde hinsichtlich der Vorkenntnisse im zu messenden Lehrstoff homogen zusammengestellt. Der Lehrstoff war durch den Inhalt des Lehrbuchs von Korte (1972, Heft 1) bestimmt, das dem zweijährigen Sprachorientierungsunterricht nach dem „Paderborner Modell" (zur didaktischen Konzeption vgl. Frank 1976a) und auch dem durch die Internacia Ligo de Esperantistaj Instruistoj (ILEI) 1975–77 in mehreren europäischen Ländern durchgeführten zweijährigen Unterrichtsversuch jeweils während des ersten Jahres zugrunde gelegt wird bzw. war.

Die Informationsbestimmung wurde durchgeführt mit Hilfe des Weltner-Rateverfahrens zur Bestimmung der subjektiven Information von Texten (Weltner, 1970; S. 45ff.). Dabei wurde die Textstichprobe nicht nach dem Zufall ausgewählt, sondern es wurden *alle* in einer der Lektionen 1, 3, 6, 9, 12, 14, 17, 19 neu einzuführenden Wörter als Vorhersagetext verwendet. Es wurde jeder Vp einzeln das muttersprachliche Wort genannt, das zugehörige fremdsprachliche war von ihr zeichenweise zu raten. Das Weltner-Verzweigungsschema wurde zu einer für Kinder geeignet erscheinenden Form umgestaltet (Bild 1). Das Prinzip blieb jedoch erhalten, bei jeder Falschnennung der Vp 1 bit Information dadurch zu liefern, daß jedesmal die verbleibende Gesamtzahl der noch für möglich gehaltenen Buchstaben des Alphabets um die Hälfte reduziert wurde – hier durch Verdecken statt, wie bei Weltner, durch Markierung eines zusätzlichen Schritts im Verzweigungsbaum. Die 28 Buchstaben des ILo-Alphabets wurden – wie bei Weltner – durch Hinzufügung der Sonderzeichen . –, ␣ auf die für dieses Verfahren erforderliche Anzahl von 32 Zeichen erweitert. Bild 1 zeigt die Anordnung des so erweiterten Alphabets. Zu jedem geratenen Buchstaben wurde notiert, nach wieviel Rateversuchen er erraten wurde (im Höchstfall demgemäß 5). Unter Zugrundelegung von Weltners Formel

(1) $$H_{min} = 2\frac{N_F}{N}$$

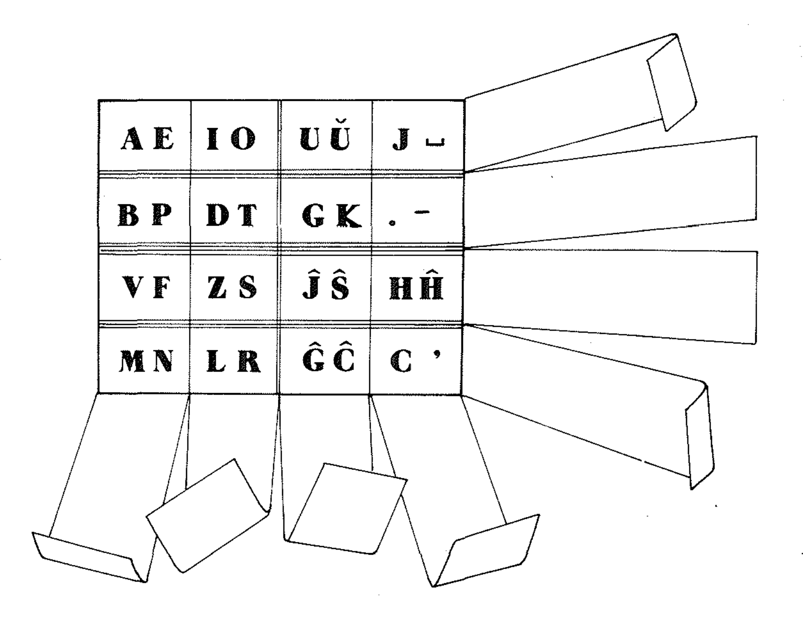


Bild 1

(wobei N_F die Anzahl der Fehler bis zum richtigen Raten des gesamten Wortes ist und N die Anzahl der in der Textstichprobe maximal möglichen Rateversuche – also die fünffache Wortlänge – und H_{min} die Mindestinformation pro Zeichen) konnte für jedes Wort der Informationsgehalt errechnet werden (vgl. Meder, 1977).

3. *Ergebnisse und Genauigkeit*

Die Versuche wurden für insgesamt 156 Vokabeln durchgeführt. Von diesen Vokabeln ähnelten 36 den entsprechenden Wörtern in der deutschen Sprache (z.B. hundo = ein Hund) bzw. einem den Kindern bekannten Fremdwort. Die restlichen hatten keine für die Kinder ersichtliche Ähnlichkeit (z.B. tegmento = ein Dach). Errechnet wurde für jedes einzelne Wort der Durchschnittswert der Information für alle Vpn. Fordert man ein Konfidenzintervall von 15 % des gemessenen Mittelwerts mit einer Sicherheit von (Konfidenzzahl γ =) 95 %, so stellt sich heraus, daß diese Genauigkeitsstufe nur für die 50 in Bild 2 aufgeführten der insgesamt 156 Vokabeln schon erreicht werden konnte; für die anderen Vokabeln müßten Nachuntersuchungen gemacht werden, um durch eine größere Zahl von Vpn das Konfidenzintervall verkleinern und damit den Mittelwert genauer bestimmen zu können. (Zur Konfidenzinvertallbestimmung vgl. Kreyszig, 1968, S. 184ff.)

4. *Zusammenhang zwischen Wortlänge und Information*

Aus sprachstatistischen Untersuchungen der deutschen Sprache (Bürmann, Frank, Lorenz, 1963 und Frank, 1969, Bd. 1, S. 201) ergibt sich die Arbeitshypothese, daß zwischen Wortlänge und Informationsgehalt eines Wortes bei natürlichen Sprachen ein linearer Zusammenhang besteht. Frank (1977) untersuchte und begründete, weswegen die Hypothese mit großer Wahrscheinlichkeit auch bei Plansprachen aufrecht erhalten werden kann. Zu ihrer empirischen Überprüfung führten wir die Korrelationsberechnung zwischen Wortlänge und Informationsgehalt von Wörtern durch und erhielten für die in Bild 2 aufgeführten *unähnlichen* Wörter einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0{,}82$. Für die *ähnlichen* Wörter ergab sich eine Korrelation von $r = -0{,}16$. Wir haben deshalb nur für die unähnlichen Wörter folgenden (bei Frank 1969, Bd. 1, S. 201 theoretisch aus Mandelbrots informationeller Sprachtheorie abgeleiteten) Zusammenhang unterstellt:

(2) $$I_{Wort} = a \cdot L + b,$$

wobei I der Informationsgehalt des Wortes und L die Wortlänge (ohne grammatische Endungen) ist. Die Koeffizienten a und b ergeben sich durch Berechnung der Regressionslinie zu a = 1,50 und b = 11,46. Es kann also für die Vokabeln, die ihren Entsprechungen in der Muttersprache nicht ähnlich sind, mit einem Informationsgehalt von

(3) $$I_{Wort} = 1{,}50 \cdot L + 11{,}46$$

Lektion	Wort (mit grammatischer Endung bzw. Wortendezeichen ⌴)	Wortlänge (L)	Gemessene mittlere subj. Inf. (bit)	± Konfidenzintervall (γ = 95 %)	Theoretischer Wert der Information (bit)
	1. *Unähnliche Wörter*				
3	sub⌴	4	13	± 0,69	17,46
3	akv(o)	3	14	± 2,13	15,96
3	arb(o)	3	13,77	± 2,08	15,96
3	ĉapel(o)	5	20,2	± 2,25	18,96
3	planfon(o)	6	29,2	± 4,44	20,46
6	li auskult(as)	10	40,12	± 4,66	26,46
6	ŝi skrib(as)	8	20,5	± 2,5	23,46
6	tranĉil(o)	7	30	± 3,11	21,96
6	kuler(o)	5	19,12	± 2,76	18,96
6	bird(o)	4	15,62	± 2,19	17,46
6	hirund(o)	6	25,87	± 3,02	20,46
6	paser(o)	5	18,5	± 2,23	18,96
6	parol(as)	5	16,75	± 2,13	18,96
9	urb(o)	3	11,77	± 1,88	15,96
9	liter(o)	5	21,55	± 3,29	18,96
9	fraz(o)	4	15,33	± 1,73	17,46
9	mult(aj)	4	15	± 2,1	17,46
9	tre	4	18,66	± 2,68	17,46
9	plen(a)	4	18,22	± 2,34	17,46
9	bon(an) nokt(on)	7	19,5	± 3,44	21,96
9	vilaĝ(o)	5	20,22	± 2,57	18,96
12	lud(as)	3	12,66	± 1,23	15,96
12	kun	4	12,89	± 2,23	17,46
12	dorm(as)	4	12,66	± 2,13	17,46
12	cign(o)	4	20,50	± 1,79	17,46
12	alia	5	20	± 3,14	18,96
12	vost(o)	4	15	± 1,96	17,46
12	feliĉ(a)	5	21,11	± 0,89	18,96
12	ĉar	4	12,89	± 2,31	17,46
12	autun(o)	5	19,25	± 1,68	18,96
12	printemp(o)	8	31	± 1,92	23,46
14	kolor(o)	5	16,17	± 2,67	18,96
14	okul(o)	4	14,67	± 2,09	17,46
14	flank(o)	5	16,50	± 2,07	18,96
14	sendint(o)	7	17,33	± 2,82	21,96
14	demand(as)	6	18,36	± 2,83	20,46
17	rastil(o)	6	19,67	± 3,42	20,46
17	vojet(o)	5	21	± 2,40	18,96
17	desegn(as)	6	24,91	± 2,91	20,46
17	mond(o)	4	14,54	± 1,74	17,46
17	hierau	7	28,20	± 2,79	21,96
17	ricev(as)	5	23,40	± 1,58	18,96
19	sol(a)	3	11,50	± 2,89	15,96
19	rapid(e)	5	17	± 2,94	18,96
19	frap(as)	4	13	± 2,19	17,46
19	vagonar(o)	7	19	± 2,19	21,96
19	forir(as)	5	18	± 4,15	18,96
	2. *Ähnliche Wörter*				
17	afrik(o)	(5)	0	0	3,67
17	amerik(o)	(6)	o	o	3,67
19	flug(as)	(4)	4	± 2,40	3,67

Bild 2: Gemessene und errechnete subjektive Informationswerte von Vokabeln aus 7 Lektionen

gerechnet werden. Die grammatischen Endungen (-o für Substantive, -a für Adjektive usw.) werden in die Berechnung nicht mit einbezogen, da sie Bestandteil des grammatischen Lehrstoffs sind.

Für die Vokabeln, die ihren Entsprechungen in der Muttersprache ähnlich sind, wurde eine durchschnittliche, wortlängen-unabhängige Information von 3,68 bit pro Wort errechnet.

5. *Anwendung*

Die Gleichung (3) sowie der für die ähnlichen Wörter ermittelte Durchschnittswert ermöglichen eine Informationsbestimmung *auch* für diejenigen Vokabeln des Lehrstoffs, für die keine Messung vorliegt. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn aus den so bestimmten Werten nicht individuell für das betreffende Wort Schlußfolgerungen gezogen werden sollen (z.B. die je individuelle Lernwahrscheinlichkeit bestimmt werden soll), sondern lediglich der zu lernende *Gesamt*informationsgehalt des Lehrstoffs (einer Lektion) interessiert, bei welchem sich Zufallsabweichungen von (3) ausgleichen, – z.B. für die Berechnung der erforderlichen Gesamtlernzeit nach der informationspsychologischen Lernzeitformel (Frank, 1967b, S. 43). Es muß nur vorher für jedes Wort entschieden werden, ob es der Muttersprache ähnlich oder unähnlich ist. Bild 3 enthält das Ergebnis für die Lektionen des 1. Bandes von Korte (1972).

Lektion	I/bit	Anzahl der Wörter	davon „ähnliche" Wörter
1	230	17	5
2	280	19	4
3	180	16	4
4	400	22	1
5	150	8	0
6	400	25	4
7	370	29	7
8	325	21	3
9	310	21	2
10	45	12	10
11	350	24	6
12	390	25	5
13	350	18	0
14	250	17	5
15	43	3	1
16	300	18	3
17	340	24	9
18	230	14	3
19	230	14	3
Summe:	5173	347	65

Bild 3: Lehrstoffinformation im Wortschatz der Lektionen des 1. Sprachorientierungsunterrichtsjahrs

Da es sich nur um etwa 1/6 des eingangs auf etwa 2000 bezifferten Umfangs des allgemeinen Wortwurzelvorrats der ILo handelt, dürfte die als Summe ermittelte Wortschatzinformation mit 6 zu multiplizieren sein. Der von Frank (1976b) ermittelte Rohwert (56 000 bit) für die im Wortschatz der Internacia Lingo steckende Information ist also zu etwa 31 000 bit zu korrigieren.

Schrifttum

Bürmann, G.; Frank, H. und Lorenz, L.: Informationstheoretische Untersuchungen über Rang und Länge deutscher Wörter. GrKG, Bd. 4, Heft 3/4, S. 73–90, 1963. (Nachgedruckt in: B.S.Meder, und W.F.Schmid (Hrsg.): Kybernetische Pädagogik. Kohlhammer, Stuttgart, 1973, Bd. 4, S. 39ff.)
Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Agis, Baden-Baden, [2]1969.
Frank, H.: Sprachorientierungsunterricht nach dem Paderborner Modell. In: aula 2/1976.
Frank, H.: Mallonga enkonduko an la kibernetikan pedagogion. In: H.Behrmann und Sp.Stimac (Hrsg.): Bildung und Berechnung. Verlag difo-druck, Bamberg, 1976.
Frank, H.: Zur Wiederholungszahlbestimmung bei Sprachlehrprogrammen. In: G. Lobin und E. Bink (Hrsg.): Kybernetik und Bildung III. Schöningh, Paderborn und Schroedel, Hannover, 1977, S. 63–71.
Korte, P.: Sub la verda standardo. Laborilo I, Dansk Esperanto-Forlag, Aabyhøj, 1972.
Kreyszig, E.: Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen, 1968.
Meder, B.S.: Zur Bestimmung der im Wortschatz von Esperanto enthaltenen Information. In: E.Bink und G.Lobin (Hrsg.): Kybernetik und Bildung III. Schöningh, Paderborn und Schroedel: Hannover, 1977, S. 26–32.
Weltner, Klaus: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Schnelle, Quickborn, 1970.

Eingegangen am 19. Juli 1977

Anschrift der Verfasserin:
Dr. B.S. Meder, Heiersmauer 71, 4790 Paderborn

H O M O K A J I N F O R M O

Komuna resumaro de diverslingvaj sciencaj revuoj

Kajero 2
Jaro 1977

Redakcio :
Institut für Kybernetik
S-rino B. Frank-Böhringer
D-479 Paderborn
Riemekestraße 62
F. R. Germanujo

La resumoj estas skribitaj de la aŭtoroj mem kaj tradukitaj poste

Partoprenas ĝis nun:

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft (GrKG), Schroedel, D-3 Hannover-Döhren, Postfach 260620 (F. R. Germanujo)

Lenguaje y Ciencias, Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Revista de Pedagogia Cibernetica e Instruccion Programada Universidad Nacional de Trujillo (Peruo)

Sirkulare de Intal, E. Weferling, Jasper-Allee 72, D-33 Braunschweig, (F. R. Germanujo)

Bulletin de UCODI, Centre Imago, 1, rue du Compas, B-1348 Louvain - la - Neuve (Belgujo)

Cybernetica, Revue de l'Association International de Cybernétique, Place André Rijckmans, Namur (Belgujo)

Revista Brasileira de Teleducação, Avenida Erasmo Braga 227, grupo 310, BR-Rio de Janeiro (Brazilo)

Kybernetik und Bildung, Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren, D-479 Paderborn, Pohlweg 55 (F. R. Germanujo)

Literatura Foiro
Norda redaktejo: Giorgio Silfer, P.L. 125, SF-74101 Iisalmi (Finnlando)

didakometry, Department of Educational and Psychological Research, School of Education, S-Malmö 23 (Svedujo)

Revista del Instituto de Cibernética de la Sociedad Cientifica Argentina, Av. Santa Fé 1145, RA-1059, Buenos Aires (Argentinio)

La pedagogia revuo, c/o Rektor Sonnabend D-3161 Dollbergen (F. R. Germanujo)

SZERDAHELYI, István: Vorto kaj vortelemento en Esperanto, en: LITERATURA FOIRO, kultura revuo, decembro 1976, n-ro 40.

Laŭ la tradicia akademia skolo (Kalocsay-Waringhien) oni klopodas starigi en Esperanto tute nekonatan lingvosistemon, kies konsekvencoj estas, ke vorto povas aparteni nur al substantiva, aŭ adjektiva, aŭ verba, aŭ ekstra kategorio. Ekzemple TABL estas substantivo (la - O iĝas pleonasma), BEL adjektivo (la - A estas senutila), IR verbo (la - I estas superflua); sekve BELO estas BEL(A)O, VARME estas VARM(A)E, kaj tiel

plu, ĝis konkludoj tiaj, ke ekzemple la prepozicio PER ne estas vere prepozicio, sed verbo! La aŭtoro refutas, pere de la ĝenerallingvistika bazo, evitante la personan polemikadon sed restante sur pure scienca nivelo, tiajn asertojn pri la kategorieco de la radikoj en Esperanto, aplikante al la Internacia Lingvo alternativan sistemon, kiu portas ĝin al analizo laŭ la komune akceptitaj lingvistikaj metodoj, kaj ne laŭ la ĝisoste esperantisteca (nome akademieca) "teorio". La suplemento aperis sub la aŭspicio de Kultura Centro Esperantista (La Chaux-de-Fonds, Svislando).

Adreso de la aŭtoro: Prof. Dr. I. S. Universitato ELITE, Budapest, Legénybiró 9. VIII. 24, H - 1157 Budapest.

RIEK, Werner: Politische Publizistik - Sportpublizistik, ein Vergleich formaler Textstrukturen. (Politikal publisistike - sporte-publisistike, un komparation de formal tekste-struktures.) en: GrKG 17/2, 1976, p. 55-60

Le adjektive-verbe-kvotiente, ja 1925 introduktat par A BUSEMANN, fid 1940 ri adoptat untivezim par D. P. BODER. Dramatekstes rezulted in su eksplorations le maks basi kvotiente-valors. (11,2), por jurisprudental tekstes il troved 20,0, por romantekstes 35,2 e por siensal tekstes 75,5. Sporte-tekstes efekted in ti eksploration valors de 36,5 til 62,7, politikal tekstes obtened valors de 32,6 til 62,3. Rezulte: Le adjektive-verbe-kvotiente sembla reprezentar nul faklingue-spesifik marke, ma preferim un organ-spesifik. Tekstes del sporte-publisistike e del politikal publisistike pot fi rangizat in le spektre de BODER inter roman-tekstes e siensal tekstes. Le publikation-organes BILD e DER SPIEGEL etablisa se in le domene del roman-tekstes. DIE ZEIT e le STUTTGARTER ZEITUNG in le infra domene del siensal tekstes. Poted fi pruvat, ke tekstes del politikal publisistike in medivalore prizenta plu longi satses (20,8 vortes/satses), kam tekstes del sporte-publisistike (17,4 v/s). Ank le repartisations del satse-longesos rezulted statistik signifikanti diferenses inter politikee sport-publisistike. Un frekventeso-repartisation del vorte-spesies (o vorteklases) in konstatat medi valores de ambi „faklingues" montred kontra to nul statistik signifikanti diferens.

Autor: Werner Riek, D-7312 Kirchheim unter Teck, Aichelbergstraße 38
Traduktion in INTAL; Erich Weferling, D-33 Braunschweig, Jasperallee 72

BIRETT, H.: Notiz zur informationspsychologischen Deutbarkeit filmischer Einstellungslängen. (Pri la informacia-psikologia interpretado de la sama daŭro de filmaddirektoj) en: GrKG 16/4, p. 121 - 122

Ĉe filmoj la ofteco de la sama daŭro de filmaddirekto (direktdaŭro) havas normalan probablodistribuon funkcie de logaritma tempskalo. Ĉe filmoj post 1916 la ekspekto estas pli malgranda ol 10 sekundoj. Por ekspliko ni supozas ke homo sentas ankaŭ daŭron laŭ logaritma funkcio. Krome plej multaj filmoj havas oftecon de specialaj vastecoj de filmadangulo de ĉirkaŭ 37 %, tio estas la procentaĵo de maksimuma okulfrapeco.

Adreso de la aŭtoro: D-8000 München 21, Veldener Str. 28
Esperanto-traduko: Institut für Kybernetik, Riemekestr. 62, D-4790 Paderborn

MIGLIOLI, Tina: Teofilo Folengo, en: Literatura Foiro, kultura revuo, n-ro 39, oktobro 1976

Por tiu ĉi artikolo vere taŭgas la apero en Esperanto-lingvo kaj sur Esperanto-gazeto, ĉar, kiel ankaŭ la aŭtorino substrekas, ekzistas paralelaĵoj inter la lingvoj de Folengo kaj de Zamenhof precipe laŭ iliaj funkcio kaj celo. Post mallonga katalogo de la verkoj en „latino macaronico" de li verkitaj sub la pseŭdonimo Merlin Cocai, kaj post kontestado de la difino donita de I. Szerdahelyi en Gvidlibro por Supera Ekzameno: „simpligo de la latino kaj ĝia kompletigo per ĉiutagaj popolvortoj", laŭ sia vidpunkto tro simpliga, la aŭtorino venas al kritika taksado de la verkaro de Folengo, tre ampleksa personeco, kiu vojaĝante pro studo kaj neceso, spertis profundajn influojn fare de la diversaj kulturoj kiuj aperis je l'horizonto de la renesanca literaturo en Italio, kunfandante ilin en alia tute nova kaj persona. Kaj persona estas la serĉado, por siaj satiraj verkoj, de lingvo parodia kaj satira. En tiu ĉi serĉado de unu lingvo por unu funkcio, parodia kaj poezia, li similas al Zamenhof kiu same serĉis lingvon por universaliga funkcio. Krome la politika vido de Folengo estas esence Eŭropisma, pro komuna matrico de klasika kaj kristana Eŭropa kulturo, tial lia lingvo estas naciisma, pro la uzo de dialektoj, kaj universala pro la uzo de la latina. Lasta paralelo estas farita kun Rabelais kies lingvo estas fortika kaj tuja kaj kiu ankaŭ estis monako, eĉ benediktana monako.

Adreso de la aŭtorino: Norda redaktejo de Literatura Foiro,
G. Silfer, P. L. 125, SF - 74101 Iisalmi, Finnlando.

LEHRL, Siegfried: Meßniveau, Operationalisierung und Mathematisierung in der Psychologie — Versuch einer Methodenanalyse am Beispiel des informationspsychologischen Kurzspeichermodells. (Mezurnivele, operationalizo e matematizo in le psikologie — eksperiment de un metode-analizo in le eksemple del informationpsikolgial kurti-store-model.) en: GrKG 17/2, p. 45 - 54.

In matematizo-eksperimentes del psikologie oftim ve formula algebraik trio-relations, in kel un empirial ekvivalens inter un leftlateral variable e du variables del dekstri latere ve aserta. Adverim le realtions inter le variables oftim non es eksplika o mem spesifika, p. eks. in le ekvation de LEWIN, segun kel le konduite V de un person es un funktion de su sirkumonde U e kvalites P: V = f (P,U). Le informationpsikologial kurti-store-model $K = C_K \cdot T$ (bit) kontena un mult plu forti empirial enunsio, pro ke in it omni variable-relations es eksplikat e spesifikat. Su operationalizo postula samtemp alti pretensions pri le mezurprosedo. Les mus satisfakta le maks alti konosat skale-nivele, le absolut-skale. Le probo del validité del toti kurti-store-konsepto postula un gran praktik ekspenditur. It ve limitiza se komensim a singul komponentes del kurti-store. Al ekspenditur del validité-pruvo — si it suksesa - stara opozit sekvanti utilité: konsizi, presizi konseption; plu profundi inspektion in le biologik kadrokonditions del psikal evente e nomim tam sur psikologikal kam ank sur psikopatologikal domene; uzabilité del mezurprosedos del kurti-store kom inteligens-kurtitekstes e kom mezures de psikal-mental perturbations.

Autor: Siegfried Lehrl, Dipl.-Psych., D-852 ERLANGEN, Uni-Nervenklinik, Schwabachanlage 10.
Traduktion in INTAL: Erich Weferling, D 33 BRAUNSCHWEIG, Jasperallee 72.

WELTNER, Klaus: Lehrzielauswahl bei Lernzeitbegrenzung (Instrucel-elekto ĉe limigiteco de lerntempo) en: GrKG 17/1, 1976, p. 1 - 8;

La elektado de instruceloj ĉe la planado de kurso tiam kondukas al decidiĝ- kaj elekto-problemoj, se aŭ la tempo aŭ la disponeblaj periloj ne sufiĉas por atingi ĉiujn instru-celojn. Por la decidiĝproblemo oni povas apliki iteradprocedon, se la instrucel-utilo kaj la lern-investo estas kvante esprimitaj. La instrucel-utilo devas esti laŭnorme fik-sita rilate al la kursaj celoj kaj taksita. La lerninveston oni povas empirie fiksi kiel lerntempon. La instruceloj ne estas sendependaj unu de la alia, kaj ili estas prezenti-taj en formo de koherec-diagramo aŭ instrucel-diagramo. Por la elekto de instruceloj oni konsideras du vidpunktojn:
1) la utilon de la instrucelo (kvociento el instrucel-pezo kaj lerntempo),
2) la pozicion de la instrucelo en la instrucelstrukturdiagramo.
Helpe de iterad-procedo oni laŭpaŝe elektras la kunligitajn instrucel-sekvencojn laŭ malkreskanta efektiva instruutilo. Se oni scias la lerntempon, oni povas indiki, kiuj instruceloj estas atingeblaj.

Adreso de la aŭtoro: Prof. Dr. K' W., Taunusstr. 63 B, D-6200 Wiesbaden
Traduko en Esperanto: Institut für Kybernetik, Paderborn

KEIL, Andreas, STÄDTLER, Barbara: Entwurf einer gesamteuropäischen Sprache („Projekto de tuteŭropa lingvo") en: GrKG 17/2, 1976, p. 61-63

Okaze de la „junularo-esploras-konkurso" 1975 ni prezentis novan koncepton por solvi la lingvan problemon en Eŭropo. Kontraŭe al la ĝisnunaj planlingvoj, kiuj lernen-das kaj opiniatas nur duaj lingvoj, la nova projekto ebligas interproksimigi per laŭcela lingvogvidado ĉiujn eŭropajn popolajn lingvojn tiom ke estos garantiata reciproka kompreno. En la projekto estas prilaboritaj la spertoj kun la ĝisnunaj planlingvoj, la lingvistikaj ekkonoj el la evoluo de lla hindoeŭropaj lingvoj dum la lastaj jarmiloj kaj realecaj sociolingvistikaj kaj semantikaj vidpunktoj.
La efektivigo de la plano devus esti gvidata centre far lingvistika komisiono kaj reali-gata per la poramasaj komunikiloj.

Adreso de la aŭtoroj: A. Keil, Reisingerstr. 6, D-8900 Augsburg
B. Städtler, Weißenseestr. 13, D-8900 Augsburg
Traduko en Esperanto de la aŭtoroj.

ATENTIGO POR LA AŬTOROJ

La leganto de via originala publikigaĵo memoros la postan tagon nur an-koraŭ parteton. La parteton, kiun vi taksas memorinda, formulu kiel vian resumon! Tiu-ĉi estu koncizaĵo de viaj novaj rezultoj - ne nur sciigo pri la problemoj solvitaj en la originala teksto ofte ne alirebla por la leganto!

La redakcio

Kognitive Verlaufsfunktion — zum Abbau der subjektiven Information von regelhaften Zahlenfolgen und geometrischen Mustern

von Klaus WELTNER, Frankfurt
aus dem Institut für Didaktik der Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität
(Direktor: Prof. Dr. Klaus Weltner)

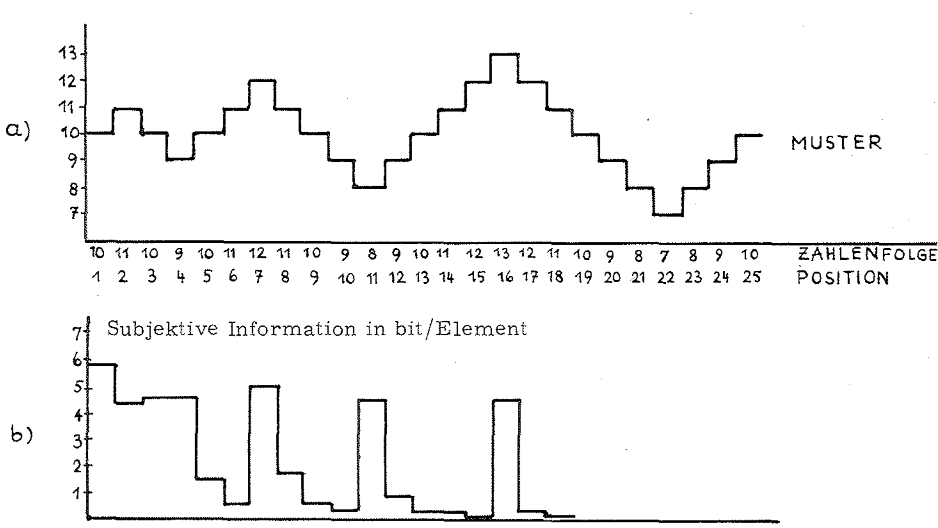
Die empirische Bestimmung der subjektiven Information von regelhaften Zeichenfolgen eröffnet einen neuen methodischen Zugang zur Analyse von Problemlösungsprozessen bei offenen Problemklassen (ill-defined-problems). Die Aufgabe besteht darin, bei Zahlenfolgen oder fortlaufenden geometrischen Mustern Regularitäten zu entdecken. Die Folgen oder Muster werden beginnend mit dem ersten Glied sukzessive dargeboten, wobei für jedes neue Glied oder Musterelement die subjektive Information durch Vorhersageversuche bestimmt wird. Die Vorhersageexperimente werden in bekannter Weise anhand eines binären Verzweigungsschemas durchgeführt. Das führt jede Vorhersage auf Binärvorhersagen zurück, die durch die zusätzliche Angabe von subjektiven Erwartungswahrscheinlichkeiten ergänzt werden können. Wegen einer detaillierten Beschreibung der Verfahren muß auf die ausführliche Darstellung in Weltner (1970) verwiesen werden.

Der Problemlösungsprozeß führt bei regelhaften Folgen auf die Entdeckung des erzeugenden Regelsystems, wenn eine hinreichend große Zahl von Gliedern dargeboten ist. Die Phasen der Problemlösung sind eine Iterationsfolge von Hypothesenbildungen und Hypothesenprüfungen, wobei nach jeder Iteration die Induktionsbasis vergrößert wird. Subjektiv hat die Folge (das Muster) zu Beginn Zufallscharakter. Im Verlauf der Problemlösung wird bei zunehmender Induktionsbasis ein internes Modell des Regelsystems aufgebaut und solange verändert, bis Übereinstimmung mit dem objektiven Regelsystem erreicht ist. Danach verschwindet die subjektive Information aller weiteren Glieder der Folge.

Wird der Verlauf der subjektiven Information über der Zahlenfolge aufgetragen, erhalten wir eine Kurve, die die aktuelle Übereinstimmung zwischen Regelhypothesen und Regelsystem angibt. Bemerkenswert ist, daß besonders hohe Werte der subjektiven Information resultieren, wenn feste subjektive Regelerwartungen aufgebaut wurden und Differenzen zur Fortsetzung auftreten. Weil diese Kurve den Verlauf der Problemlösung reflektiert, nennen wir sie '*kognitive Verlaufsfunktion*' (Weltner, 1970).

Das Bild 1 zeigt
a) fortlaufendes geometrisches Muster
b) die kognitive Verlaufsfunktion bei Mustererkennung für Versuchspersonen
c) den Mittelwertsverlauf für eine Gruppe von 16 Versuchspersonen

Informationsspitzen treten an charakteristischen Stellen des Musters auf. Hier sind das die Positionen 7, 11, 16.



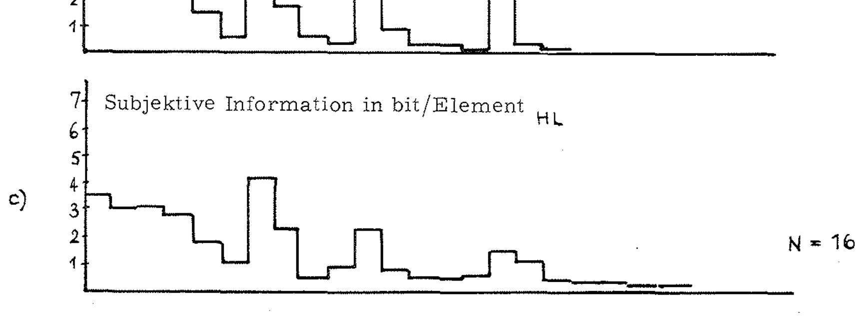


Bild 1: a) Fortlaufendes geometrisches Muster
b) Kognitive Verlaufsfunktion I, individueller Verlauf
c) Kognitive Verlaufsfunktion, Mittelwert für $N = 16$

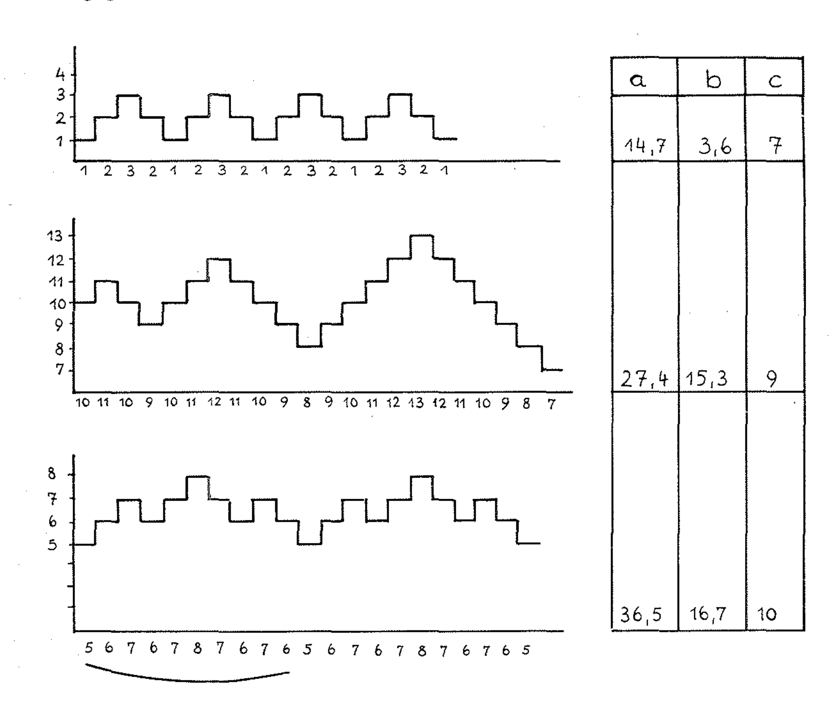
Die Fläche unter der kognitiven Verlaufsfunktion ist ein Maß für die gesamte subjektive Information, die vom Empfänger aufgenommen wurde, bis er das Muster erkannt hatte. Damit gewinnen wir ein wohldefiniertes Maß für die subjektive Komplexität:

> Die subjektive Komplexität eines Regelsystems, repräsentiert durch Zahlenfolgen, geometrische Muster u.a., ist die subjektive Information, die der Perzipient wahrnimmt und verarbeitet, bis er das Regelsystem erkannt hat.

Dieses Maß für subjektive Komplexität ergänzt die bekannten Bestimmungen durch Messung der Lernzeit für Muster (Klix et. al., 1974; Huybrecht; Restle; Brown, 1970); Messung der Fixierungszeit (Leeuwenberg, 1969); Messung der Kopierzeit (Leeuwenberg, 1969); Beurteilung der Komplexität mit Ratingskalen (Vitz; Todd, 1969); Messung der Entscheidungszeit bei Vorhersageexperimenten (Heinecken, 1975).

Die objektive Komplexität wird außerdem von verschiedenen Autoren (Leeuwenberg, Huybrecht, Klix, Vitz u.a.) über den minimalen Kodierungsaufwand in einer geeigneten formalen Kodiersprache definiert. Diese Sprachen machen Gebrauch von Strukturelementen wie Wiederholung, Spiegelung, Transposition u.a. und stimmen weitgehend miteinander überein.

Das Bild 2 zeigt drei Muster. Die empirisch bestimmte subjektive Komplexität steht in Übereinstimmung mit der objektiven Komplexität, die hier nach Leeuwenberg (1969) angegeben wird.



a	b	c
14,7	3,6	7
27,4	15,3	9
36,5	16,7	10

Bild 2: Drei fortlaufende geometrische Muster.
Tabelle: a) Subjektive Information des Musters in bit
b) Standardabweichung
c) Komplexität des Musters nach Leeuwenberg

Mustererkennung unter Störungen

Störungen und Fehlstellen in Mustern können den Problemlösungsprozeß stören und Unsicherheit induzieren. Die Untersuchung gestörter Muster ist aufschlußreich, weil induktive Erkenntnisgewinnung im Kontext des Lehrens und Lernens in der Regel unter Störungen erfolgt. So können Störungen vom Lehrsystem verursacht sein (falsche Information, fehlende Information) oder beim Lernsystem auftreten (Warnehmungsfehler).

In unseren Experimenten wurde eine Stelle des Musters durch ein Zufallselement ersetzt, das aus dem Repertoire der bereits vorher innerhalb des Musters aufgetretenen Werte gezogen wurde. Die subjektive Information steigt nicht nur an der Störstelle selbst an, sondern auch bei den folgenden Gliedern. Damit wird die subjektive Komplexität des gestörten Musters weit über den Wert des Störgliedes selbst hinaus erhöht.

Das Bild 3 zeigt die kognitive Verlaufsfunktion für ein gestörtes Muster im Vergleich mit dem Verlauf bei ungestörtem Muster. Insgesamt steigt die subjektive Information um 18,5 bit, wobei der Anstieg bei dem Störglied selbst nur 3 bit beträgt.

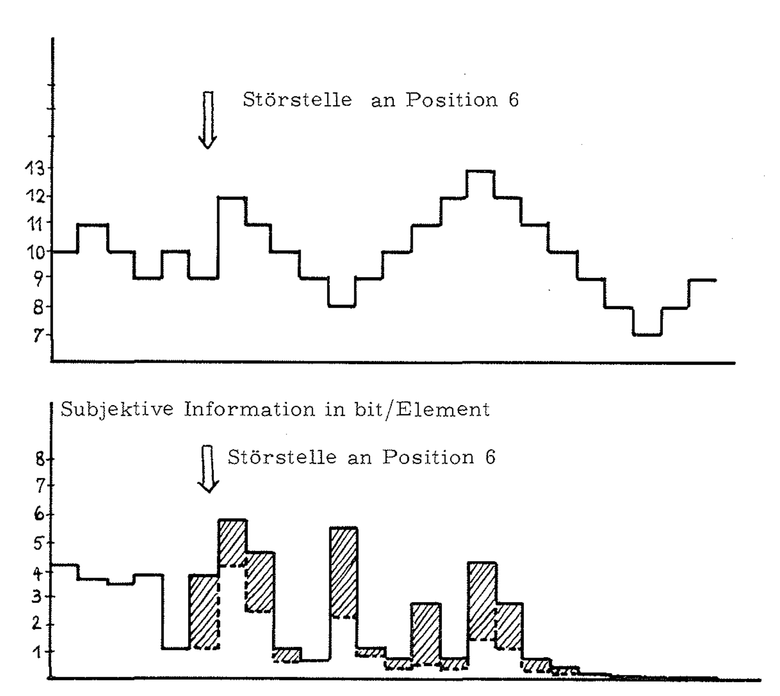


Bild 3: Oben: Gestörtes Muster
Unten: Kognitive Verlaufsfunktion
Die Differenz zur subjektiven Information bei ungestörtem Muster ist schraffiert.

Die pädagogische Konsequenz ist evident. Falsche und gestörte Informationsübertragung kann den Lernprozeß in ganz empfindlicher Weise beeinträchtigen. Die bekannten methodischen Forderungen nach sorgfältigen Tafelbildern, deutlicher Lehrersprache und Lehrerschrift finden hier eine zusätzliche Begründung.

Positionseffekt

Die Wirkung der Störstelle kann von Ihrer Position innerhalb des Musters abhängen. Bei der Mustererkennung haben wir das 3. – 10., 15., 20. Element gestört. Ein Positionseffekt zeigte sich bei den drei Mustern erst bei den Positionen 15 und 20 im Sinne einer leichten Abnahme des Störungseinflusses.

Schrifftum

Chaitin, G. J.: Information-theoretic computational complexity. IEEE Transaction on information theory, 20, 1974, 10–15

Heinecken, E.: Experimentelle Befunde zur kognitiven Organisation regelhafter Ereignisfolgen. In: Zeitschrift für Psychologie, Bd 183, Heft 4, 1975, 401–410

Huybrechts, R.: Experimentelle Untersuchungen über die Organisation des Gedächtnisses beim Erlernen sequentieller Ereignisfolgen. In: Studia psychologica XVI, 1974, 104–113

Klix, F.: Interrelationships between information content, fixation of memory traces and internal activation state. In: Keidel, Händler, Spreng (Hrsg.): Kybernetik und Bionik, München 1974, 114–129

Leeuwenberg, E. L. L.: Quantitative specification of information in sequential patterns. In: Psychological Review, 76, 1969, 216–220

Restle, F.; Brown, E. R.: Organization of serial pattern learning. In: Bower, G. H.: Psychology of learning and motivations, 4, New York, 1970, 249–333

Vitz, P. C.; Todd, R. C.: A coded element model of the perceptual processing of sequential stimuli. In: Psychological Review, 76, 1969, 433–449

Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Quickborn, 1970

Eingegangen am 28. Juni 1977

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Klaus Weltner, Taunusstr. 63B, 6200 Wiesbaden

HINWEIS:

Die Schriftleitung bedauert, daß sich im Beitrag „Rechnerunterstützter Unterricht in den sprachlichen Studiengängen der Lehrerausbildung" von Rita Nelles und Marita Sennekamp in GrKG 18/2 zwei Druckfehler befinden:

1. muß der Hinweis auf den Beitrag von Apel auf Seite 40, Zeile 14 entfallen,
2. muß es im Schrifttumsverzeichnis Seite 44, Zeile 24 Lernerfolg statt Lernerfolge heißen.

Entwicklung eines normierten Beschreibungsverfahrens zur Lehrstoffanalyse[1]

von Franz SCHOTT und Peter DIERIG, Gießen/Braunschweig
aus dem Fachbereich 06 Psychologie der Justus-Liebig-Universität Gießen

1. *Warum die Entwicklung eines normierten Beschreibungsverfahrens zur Lehrstoffanalyse nützlich ist (Franz Schott)*

Im folgenden Abschnitt 1 werden allgemeine Überlegungen über den Nutzen einer Lehrstoffanalyse mit einem normierten Beschreibungsverfahren entwickelt. Die Beispiele beziehen sich auf ein bereits entwickeltes Verfahren (Schott 1975). In Abschnitt 2 gibt Dierig ein konkretes Beispiel. Dabei findet ein neues innerhalb des Forschungsprojektes entwickeltes Beschreibungsverfahren Anwendung.

1.1 *Die Bedeutung der Lehrstoffanalyse für Forschung und Praxis*

Ein wichtiger Fragetyp der Didaktik hat die Form: „Mit welchem Lehr*verfahren* kann man bestimmten Schülern in einer gegebenen Situation einen bestimmten Lehrstoff mit (gemessen an gegebenen Lehrzielen) gutem Erfolg vermitteln?" Bei der Zuordnung von Aspekten der Lehrverfahren, von Merkmalen des Lehrstoffes und von Eigenschaften der Schüler (also bei der Analyse der Abhängigkeiten zwischen jenen drei der sechs Unterrichtsvariablen, die schon als Eckpfeiler des vor-Heimannschen „didaktischen Dreiecks" geläufig waren), sieht man sich zunächst schon in jeder dieser Dimensionen mit einer entmutigenden Vielfalt konfrontiert. Bildet man Kombinationen (bestehend aus jeweils einer Lehrmethode, einem Lehrstoff und einer Schülereigenschaft), dann vervielfacht sich diese Vielfalt. Als Ergebnis einer empirisch fundierten Didaktik ist eine drastische Einschränkung zu erwarten, die es ermöglicht, begründete didaktische Antworten auf Fragen des genannten Typs zu geben. Dies erfordert u.a. zweckmäßige Verfahren zur Lehrstoffanalyse.

1.2 *Was soll ein normiertes Beschreibungsverfahren zur Lehrstoffanalyse leisten?*

Entsprechend der (über die Umgangssprache eingeführten) mathematischen Symbolsprache versuchen wir, mit einem normierten Beschreibungsinstrument Lehrstoff kurz, genau und übersichtlich darzustellen. Zunächst ist der Begriff „Lehrstoff" selbst zu klären. Wir gehen davon aus, daß, wann immer Schülern etwas beigebracht werden soll,

[1] Dieser Beitrag entstand im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „Mikroanalyse von Lehrstoffen", das im Rahmen des Schwerpunktprogrammes „Lehr-Lern-Forschung" von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

es darum geht, diese Schüler zu befähigen, Aufgaben zu lösen, die sie bisher nicht oder nur unzureichend lösen konnten. Gelehrt wird also das Lösen von Aufgaben, daher beschreibt ein Lehrstoff für uns Aufgaben. Eine Aufgabe besteht zunächst aus mindestens zwei Zuständen, nämlich einem Anfangszustand, der Aufgabenstellung, und einem Endzustand, der Aufgabenlösung. Beide Zustände nennen wir Lehrsachverhalte. Beispielsweise kennzeichnet bei dem Lehrsachverhalt $[L_1]$ = [E k a] der Großbuchstabe „E" die Relation „Entdecken", welche zwischen den beiden Elementen k = Kolumbus und a = Amerika gestiftet wurde. Bei dem Lehrsachverhalt $[L_2]$ = [E k n] steht für n Neue Welt. Der Operator $\langle L_1\ L_2\rangle$ bewirkt die Änderung des Anfangszustandes $[L_1]$ in den Endzustand $[L_2]$. In diesem Fall soll der Schüler „Amerika" durch ein Synonym, nämlich „die Neue Welt", ersetzen. Die gesamte Aufgabe besteht also insgesamt aus den Zuständen und dem Operator, also im Beispiel aus $[L_1]\langle L_1\ L_2\rangle[L_2]$. Man kann sie auch als Operation bezeichnen. Ist eine solche Operation Gegenstand der Lehre, dann wird sie „Lehrstoff" genannt. Fügt man zum Lehrstoff noch den Kompetenzgrad hinzu, wie gut der Schüler diese Aufgabe lösen können soll, hat man ein Lehrziel definiert. Der Inhaltsaspekt solch eines Lehrziels wird durch die Lehrsachverhalte $[L_1]$ und $[L_2]$ bestimmt, der Verhaltensaspekt durch den Operator $\langle L_1\ L_2\rangle$. Wir meinen, daß grundsätzlich alle Lehrstoffe auf diese Weise darstellbar sind. –

An ein normiertes Beschreibungsverfahren zur Lehrstoffanalyse stellen wir die folgenden 10 Forderungen:

(1) Das Beschreibungsverfahren soll Lehrstoffe, Lehrziele, Verhaltensänderungen und Lehrsequenzen sowie deren Strukturen gleichermaßen in dem gewünschten Genauigkeitsgrad darstellen können. Dies scheint prinzipiell möglich zu sein (vgl. Schott 1975). Zunächst konzentrieren wir uns auf eine genaue Beschreibung von Lehrstoffen und Lehrzielen. Dabei wollen wir eine Verbesserung gegenüber schon bestehenden Verfahren wie der behavioristischen Lehrzieldefinition im Sinne Magers, der Tylerschen Lehrzielmatrix und der Bloomschen Taxonomie erreichen. Bei den genannten Verfahren bestehen z.B. keine Anweisungen, wie der Inhaltsaspekt von Lehrzielen genau darzustellen ist. Was den Verhaltensaspekt betrifft, so gewährleistet die bloße Beobachtbarkeit eines Verhaltens keineswegs immer eine genaue Bestimmung der erwarteten Schülerleistung. Weiterhin war es bisher oft schwierig, Inhalts- und Verhaltensaspekt klar voneinander zu trennen, wie dies mit der bereits erläuterten Definition von Lehrstoff als Operation möglich ist.

(2) Die Aussage, eine Lehrmethode *A* erlaube besser als eine Lehrmethode *B* einen bestimmten Lehrstoff zu vermitteln, ist sinnlos, wenn nicht sichergestellt werden kann, daß mit beiden Methoden *derselbe* Lehrstoff vermittelt wurde. Um dies zu gewährleisten, braucht man eine textinvariante Standarddarstellung, die Paraphrasierungen (d.h. die Herstellung verschiedener Textvarianten) erlaubt. Solche Paraphrasierungen müssen auch im übertragenen Sinne beim Verhaltensaspekt möglich sein, d.h. eine definierte Verhaltensweise muß verschiedene individuelle Realisationen zulassen.

(3) Das Beschreibungsverfahren soll möglichst fachunabhängig sein. Der Ansatz geht von der durch die bereits gewonnenen Erfahrungen gestützten Annahme aus, daß in den verschiedenen Schulfächern viele fachübergreifende Inhaltsstrukturen und Verhaltensstrukturen vorkommen.

(4) Das Beschreibungsverfahren soll ein nützliches Instrument zur Planung und Steuerung exemplarischen Lehrens und Lernens sein, indem es typische Inhalts- und Verhaltensstrukturen identifizieren kann. Bild 1 möchte dies kurz verdeutlichen.

OPERATION
Lehrstoff

ANFANGSZUSTAND
Lehrsachverhalt $[L_1]$: $[(S_i$ UND $A_i)$ BEWIRKEN $E_i]$

OPERATOR
Änderungsregel $\langle L_1 \; L_2 \rangle$

ENDZUSTAND
Lehrsachverhalt $[L_2]$: $[(S_j$ UND $A_j)$ BEWIRKEN $E_j]$

Bild 1: Lehrstoffe als Operationen bzw. als Änderung von Zuständen

In einer Situation S führt eine Handlung A zu einem Effekt E. Je nachdem, wie sich nun der Anfangs- vom Endzustand unterscheidet, lassen sich verschiedene typische Operatoren definieren, wie etwa „Beispiel nennen", „Analogie bilden" oder „Verallgemeinern". Beim Verallgemeinern sind die S_j, A_j und E_j zum Beispiel Oberbegriffe der S_i, A_i und E_i.

(5) Das Beschreibungsverfahren soll die Konstruktion „kontentvalider Aufgaben" (d.h. Aufgaben $[L_1{}^*] \langle L_1{}^* \; L_2{}^* \rangle [L_2{}^*]$, die Repräsentanten des Lehrstoffs $[L_1] \langle L_1 \; L_2 \rangle$ $[L_2]$ sind) für lehrzielorientierte Teste erleichtern (Schott & Kretschmer 1977). Dabei kann man die kontentvaliden Aufgaben mit Hilfe einer einfachen Konstruktionsanweisung herstellen und ihre Inhaltsgültigkeit (d.h. die Tatsache, daß sie Repräsentanten des Lehrstoffs sind) mit einer ebenso einfachen Prüfanweisung untersuchen. Weiterhin erleichtert ein normiertes Beschreibungsverfahren die Aufgabenanalyse bei der multioperationalen Testung (vgl. Schott 1977). Hierbei handelt es sich um einen Versuch, die notwendige Anzahl von Testaufgaben bei der lehrzielorientierten Testung zu reduzieren.

(6) Das Beschreibungsverfahren soll für Forschungszwecke eine Quantifizierung des Lehrstoffes erlauben. Ansätze zu solchen Quantifizierungen werden an anderer Stelle ausführlicher behandelt (Schott 1975).

(7) Das Beschreibungsverfahren soll möglichst einfach sein. (Diese Forderung ist natürlich immer nur im Vergleich zu alternativen Vorgehensweisen zu sehen.)

(8) Das Beschreibungsverfahren soll die Entwicklung einfacher Handlungsanweisungen zu seiner Anwendung in der Forschung und bei der Konstruktion von Lehrbüchern und Lehrverfahren erlauben.

(9) Das Beschreibungsverfahren soll in vereinfachter Form ein nützliches Instrument bei der Unterrichtsplanung und bei der Lehrerausbildung sein. (Die bisherigen Erfahrungen aus einschlägigen Lehrveranstaltungen haben gezeigt, daß die Anwendung eines solchen Instrumentes den praxisrelevanten Umgang mit Lehrstoffen recht gut schulen kann.)

(10) Das Beschreibungsverfahren soll eine theoretische und praktische Grundlage zur Einbeziehung von Lehrstoffeigenschaften in die Lehr-Lern-Forschung bereitstellen.

1.3 *Entwicklung und Erprobung eines Beschreibungsverfahrens*

In einem Projekt, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Lehr-Lern-Forschung" gefördert wird, versuchen wir, ein Beschreibungsverfahren zu entwickeln, das den eben erläuterten 10 Forderungen genügt. Zu diesem Zweck vergleichen wir verschiedene Ansätze aus der Pädagogik, die uns Anregungen zur Entwicklung des Beschreibungsverfahrens geben können, Ansätze wie die genannten von Tyler (1950), Bloom u.a. (1956), Mager (1965) sowie neuere Ansätze wie z.B. von Landa (1969), Klauer (1974), Achtenhagen & Wienold (1975), Bink (1975), Schott (1975), Stelzer & Kingsley (1975). Wichtige Anregungen erhalten wir von der Psychologie der menschlichen Informationsverarbeitung wie z.B. von den Arbeiten der Autoren Dörner (1975), Putz-Osterloh & Lüer (1975) sowie Norman & Rumelhart (1975). Weiterhin analysieren wir Unterrichtseinheiten aus Lehrbüchern im Hinblick auf die Frage: „Was sollten die Schüler können, wenn sie die betreffende Unterrichtseinheit erfolgreich durchlaufen haben?" Zur Zeit haben wir drei Unterrichtseinheiten der Sekundarstufe I analysiert:

1. „Flächeninhalte" aus „Mathematik heute" (Verlag Schroedel/Schöningh, 1972).
2. „Unit 12" aus „English G1" (Verlag Cornelsen, Velhagen & Klasing, 1976); hierbei handelt es sich im wesentlichen um die Einführung von Häufigkeitsadverbien sowie die Kontrastierung der present progressive form mit dem simple present. (Vgl. Teil 2.).
3. „Unsere Gruppe" aus „sehen, beurteilen, handeln" (George & Hilligen 1974); hierbei geht es um Nonkonformismus, um die Frage, ob die Mehrheit immer recht hat und wie man seine eigene Meinung gegenüber anders Denkenden behaupten kann.

Die Unterrichtsanalysen aus diesen drei unterschiedlichen Fächern Mathematik, Englisch und Sozialkunde geben uns eine Stichprobe unterschiedlicher Schülerleistungen, die uns hilft, ein fächerübergreifendes Beschreibungsverfahren zu konstruieren.

2. *Lehrstoffbeschreibung mit Hilfe von Verfahren zur Beschreibung von kognitiven Strukturen: ein Anwendungsbeispiel (Peter Dierig)*

2.1 *Kognitive Repräsentation und Lehrstoffrepräsentation*

In Teilgebieten der kognitiven Psychologie und der Forschung zur künstlichen Intelligenz geht es z.B. um die Frage:

Wie repräsentiert ein Mensch (oder allgemein ein informationsverarbeitendes System) Umweltinformationen *kognitiv*? Hierbei bedient man sich häufig sogenannter *semantischer Netzwerke*. Solch ein Netzwerk besteht aus Elementen (häufig „Knoten" genannt, in Analogie zum „Netz") und binären Relationen, die zwischen den Elementen bestehen. Die Relationen sind benannt und haben eine Richtung. Ein Beispiel von Norman & Rumelhart (1975), die herausragende Vertreter auf diesem Teilgebiet der Kognitionspsychologie sind, soll die Vorgehensweise verdeutlichen (Bild 2).

give [⟨Mary⟩, ⟨dollar⟩, ⟨John⟩, time].

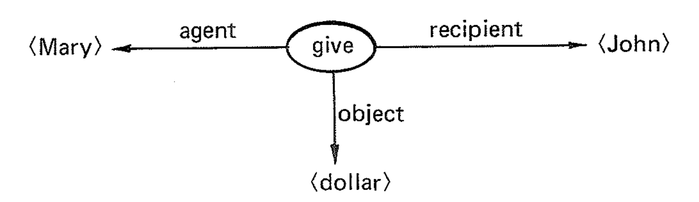


Bild 2

Zu repräsentieren ist der Satz: „Mary gives John a dollar." Das kann zum einen geschehen durch das Prädikat: give [⟨Mary⟩, ⟨dollar⟩, ⟨John⟩, ⟨time⟩].

Die graphische Repräsentation des Satzes ist aus dem Strukturdiagramm Bild 2 ersichtlich. Der Unterschied ist der, daß nur die Konzepte, die die Argumente des Prädikats füllen, Elemente des Netzwerkes sind. Elemente, die Ereignisse (d.h. n-stellige Prädikate) darstellen, sind als Oval gezeichnet; Elemente, die Konzepte sind, haben eckige Klammern.

Im obigen Strukturdiagramm existieren zwischen den Elementen drei Relationen. Sie bedeuten:

- agent (x, y) — x ist ein Organismus, der eine Aktivität y ausführt
- object (x, y) — x ist ein physikalisches Objekt, mit dem die Aktivität y ausgeführt wird
- recipient (x, y) — x ist der nicht-agierende Teilnehmer der Aktivität y.

Dieses Beispiel sollte nur die prinzipielle Vorgehensweise schildern. Bei der Repräsentation von Lehrstoffen geht es primär *nicht* darum, zu untersuchen, wie Schüler Lehrstoffe *tatsächlich* kognitiv repräsentieren; die an didaktischen und pädagogischen Zwecken orientierten Kriterien, die das zu entwickelnde Beschreibungsverfahren erfüllen soll (vgl. Abschnitt 1.2), unterscheiden sich daher teilweise von denen bei einer ausschließlich psychologischen Fragestellung. Trotzdem war es nützlich, Prinzipien des durch Bild 2 exemplifizierten Repräsentationssystems zu übernehmen, sie teilweise gemäß unseren Zielen zu modifizieren und an konkreten Lehrstoffbeispielen zu erproben.

2.2 *Ein Beispiel*

In der „Unit 12" (Englisch G 1, 1976) geht es hauptsächlich darum, daß bei einer augenblicklichen Tätigkeit die „present progressive form" benutzt wird („Betty is running after the ball"), bei einer habituellen Tätigkeit dagegen das „simple present" („Peter goes to school").

Ein bestimmter Lehrstoff aus diesem Bereich könnte sein: Der Schüler wendet eine Regel (bei einer augenblicklichen Tätigkeit wird die „present progressive form" benutzt) auf eine bestimmte Situation 1 an, woraus dann Situation 2 entsteht.

Situation 1 sei: Angabe des Satzes „Betty ... after the ball". Dazu ein Bild, wie Betty hinter einem Ball herrennt.

Situation 2 sei: Wie oben, nur ist die Leerstelle ausgefüllt, also „Betty is running after the ball".

Zur Bewältigung der Aufgabe sind u.a. folgende Voraussetzungen nötig:

1. Der Schüler kennt die Regel.
2. Der Schüler weiß, daß nur entweder „runs" oder „is running" eingesetzt werden kann.
3. Der Schüler weiß, daß Bilder von Tätigkeiten dafür stehen, daß die Tätigkeiten *jetzt* ablaufen.

Auf einfache Art kann der Lehrstoff in Analogie zu Bild 2 nach Bild 3 repräsentiert werden. Der Schüler y wendet die REGEL x an, und zwar in bezug auf den Kontext einer Situation 1. Resultat von ANWENDEN ist die Situation 2. Die Relation patient (x, y) bedeutet: x ist ein Ding (meistens ein Objekt), das passiv an einer Aktivität beteiligt ist, die von einem Agenten ausgeführt wird.

Will man sich mit diesem Auflösungsgrad nicht zufrieden geben, muß man detaillierter repräsentieren:

a) die REGEL x

b) die SITUATION 1 und SITUATION 2

c) die Aktivität ANWENDEN.

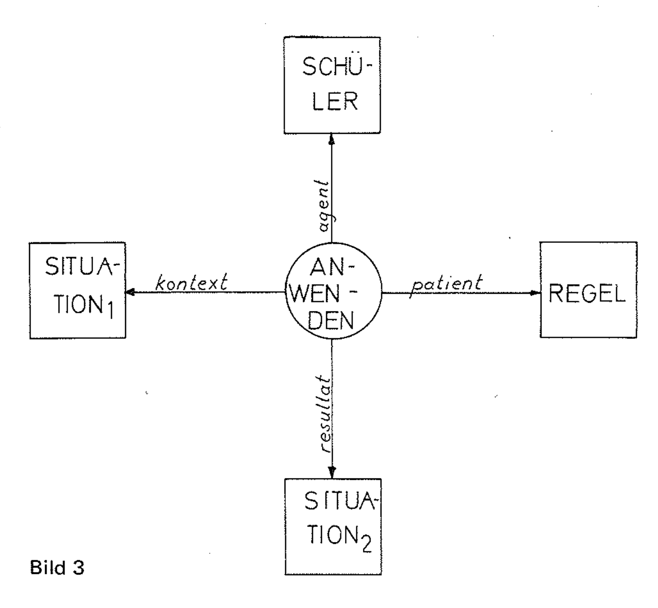


Bild 3

Zu a)

Zunächst zur Regel. Sie ist umgangssprachlich etwas locker formuliert. Bei einer genaueren Analyse könnte man ihr die in Bild 4 angegebene Struktur unterlegen.

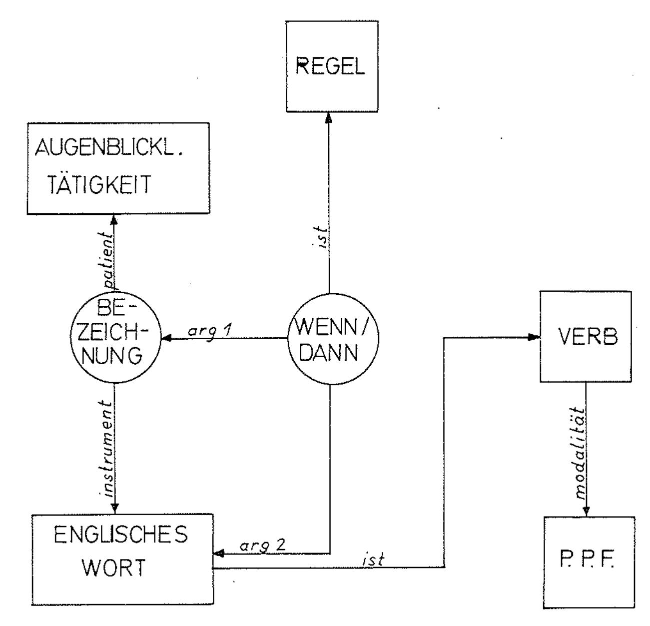


Bild 4

Kern der Regel ist eine WENN/DANN-Beziehung: WENN das erste Argument (arg 1) der WENN/DANN-Beziehung erfüllt ist, nämlich die BEZEICHNUNG einer AUGENBLICKLICHEN TÄTIGKEIT (Relation patient) mit Hilfe eines ENGLISCHEN WORTS (Relation instrument), DANN gilt das zweite Argument: Das ENGLISCHE WORT ist ein VERB (Relation ist), das in der „present progressive form" steht (Relation modalität).

Anmerkung: Diese Regel deckt keineswegs alle Anwendungsmöglichkeiten der p.p.f. ab, sondern bezieht sich auf das, was in „Unit 12" des Buches beigebracht werden soll.

Zu b) siehe Bild 5.

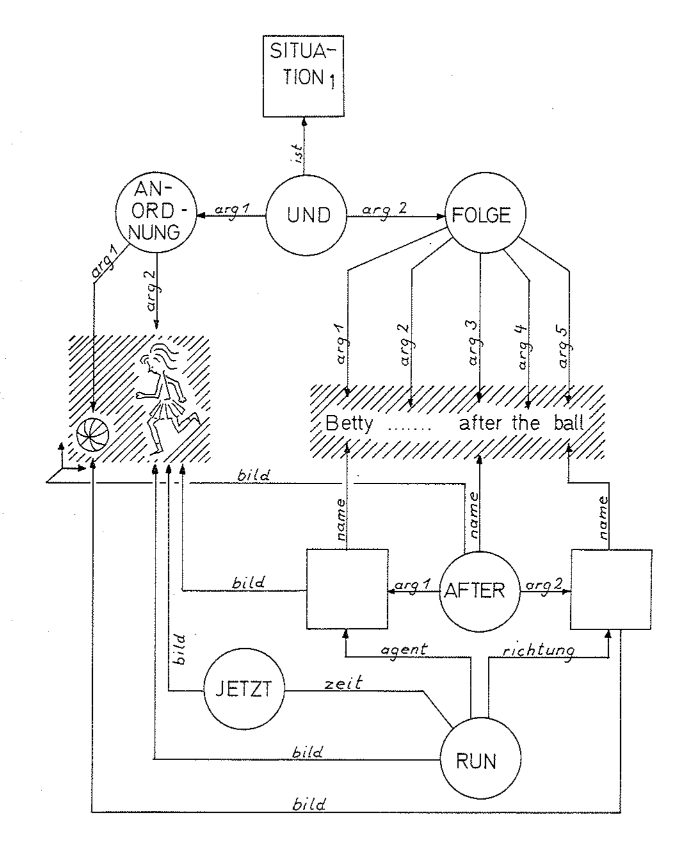


Bild 5

Die schraffierten Stellen in Bild 5 repräsentieren die Aufgaben, wie sie der Schüler wirklich bekommt.

Die SITUATION 1 besteht aus zwei Teilen, nämlich aus einer bestimmten ANORDNUNG von Figuren UND einer FOLGE von Wörtern und einer Leerstelle. Sowohl die ANORDNUNG als auch die FOLGE hat eine Reihe von Argumenten. Daraus läßt sich ein bestimmtes Situationsschema ableiten, was gleichbedeutend mit einer Interpretation der FOLGE und der ANORDNUNG ist. Kern des Situationsschemas ist das Element RUN. Agent von RUN ist ein Element, das Betty heißt (Relation name) und eine bestimmte optische Repräsentation hat (Relation bild). (Ist die Relation name extra aufgeführt, bleibt das Quadrat oder der Kreis, das oder der für ein Element steht, leer; sonst steht der Name drin.)

Zu c)
Die Handlungsstruktur von ANWENDEN kann in erster Näherung als einfache Handlungsabfolge beschrieben werden: Es handelt sich um ANWENDEN, wenn der Schüler erstens die Situation 1 und die Regel identifiziert (IDENT) mit dem Resultat, daß das Situations- und das Regelschema erkannt wird (hier nur angedeutet). Dann vergleicht er (VERGLEICH) die Schemata mit dem Resultat, daß „is running" eingesetzt werden muß. Das geschieht durch EINSETZEN von „is running" in die Leerstelle (Relation ort) mit dem Resultat „Betty is running after the ball". (Vgl. Bild 6.)

2.3 *Anwendungsmöglichkeiten*

Drei Anwendungsmöglichkeiten einer derartigen Lehrstoffbeschreibung seien angedeutet:

1. In Untersuchungen zum exemplarischen Lernen könnte man feststellen, ob ein anderer Lehrstoff eine ähnliche Struktur hat.
2. Hat man eine derartige Strukturdarstellung des Lehrstoffes, ist die Grundlage dafür geschaffen, die Wirkungen verschiedener Lehrmethoden in bezug auf dieselbe Lehrstoff-Struktur zu untersuchen.
3. Der Lehrer (oder der Lehrbuchautor) bekommt Hinweise darauf, was beim Lehren des Stoffes berücksichtigt werden muß und woran es liegen könnte, wenn der Schüler die Aufgaben nicht löst. –

Zum Schluß sei noch angemerkt, daß das Repräsentationsverfahren letztlich nur dann sinnvoll eingesetzt werden kann, wenn es selbst eine Syntax besitzt. Auf diesen Aspekt konnte hier nicht eingegangen werden.

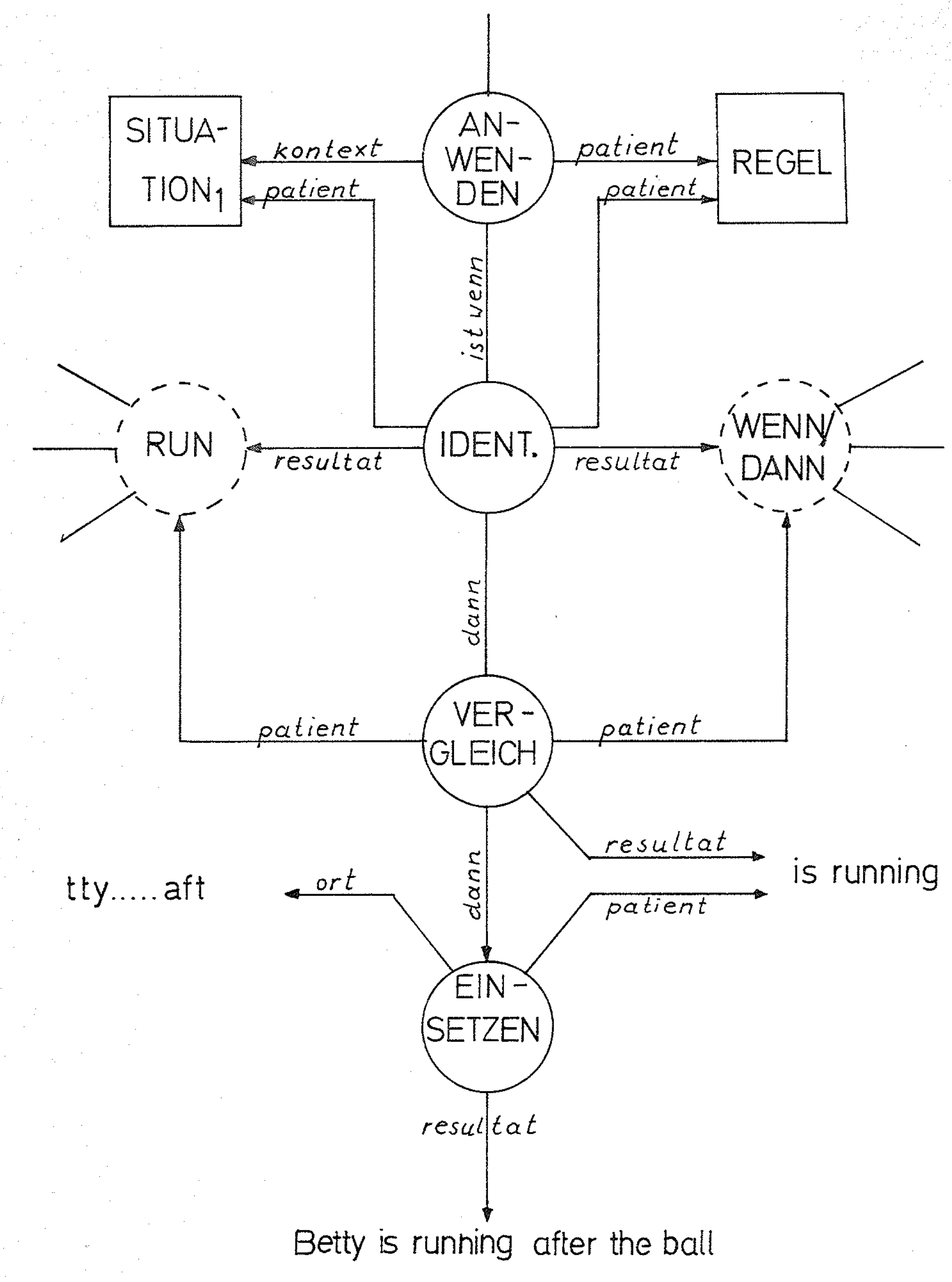


Bild 6

Schrifttum

Achtenhagen, F., Wienold, G., u.a.: Lehren und Lernen im Fremdsprachenunterricht. 2 Bände, München 1975

Athen, H., Griesel, H.: Mathematik heute. Hannover (Hermann Schroedel Verlag) 1971

Bink, W.D.E.: Zur Sachstruktur des VHS-Zertifikats Mathematik. Pädagogische Arbeitsstelle des Deutschen Volkshochschul-Verbandes, Frankfurt 1975

Bloom, B.S., (Hrsg.): Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitiv domain. New York 1956

Bobrow, D.G., Collins, A., (Ed.): Representation and understanding. New York 1975

Dörner, D.: Kognitionstheoretische Aspekte der Darbietung von Lehrinhalten. In: Frey, K., (Hrsg.) u.a.: Curriculum Handbuch Bd. 2. München 1975

Englisch G1, Verlag Cornelsen, Velhagen & Klasing, 1976

George, S., Hilligen, W.: sehen beurteilen handeln. Frankfurt (Hirschgraben Verlag) 1974 (4. Auflage)

Klauer, K.J.: Methodik der Lehrzieldefinition und Lehrstoffanalyse. Düsseldorf 1974

Landa, L.N.: Algorithmierung im Unterricht. Berlin (Volk und Wissen) 1969

Mager, R.F.: Lernziele und Programmierter Unterricht. Weinheim 1965

Norman, D.A., Rumelhart, E.: Explorations in cognition. San Francisco 1975

Putz-Osterloh, W., Lüer, G.: Informationsverarbeitung bei einem Test zur Erfassung der Raumvorstellung. Sonderdruck aus Diagnostica XXI/4 1975, 166–181, Verlag für Psychologie, Göttingen

Schank, R.C.: Conceptual information processing. Amsterdam North-Holland 1975

Schott, F.: Uni-versus Multioperationale Testung. Versuche zur Reduzierung der Aufgabenzahl bei kriteriumsorientierter Messung. Teil I: Der multioperationale Ansatz. In: Garten (Hrsg.): Diagnose von Lernprozessen. Braunschweig 1977 (im Druck)

Schott, F.: Lehrstoffanalyse. Düsseldorf 1975

Schott, F., Kretschmer, I.: Zur Konstruktion lehrzielvalider Testaufgaben aufgrund einer normierten Lehrstoffanalyse. In: Klauer, K.J. (Hrsg.): Lehrzielorientierte Leistungsmessung. Düsseldorf 1977 (im Druck)

Stelzer, J., Kingsley, E.: Axiomatics as a paradigm for structuring subject matter. In: Instructional Science 3 (1975), 383–450

Tyler, R.: Basic principles of curriculum and instruction. Chicago 1950. Deutsch: Curriculum und Unterricht. Düsseldorf 1973

Eingegangen am 25. März 1977

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Franz Schott, Fachbereich 06 Psychologie, Otto Behaghelstr. 10,, 6300 Lahn-Gießen

Dipl.-Psychologe Peter Dierig, Bertramstr. 73, 3300 Braunschweig

Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten, für die Aufnahme in die internationale Knapptextbeilage „Homo kaj Informo" eine knappe, aber die wichtigsten neuen Ergebnisse des Beitrags für Fachleute verständlich wiedergebende Zusammenfassung (Umfang maximal 200 Wörter) in Internationaler, notfalls deutscher Sprache beizufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit soll angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden. Im übrigen wird auf die „Mindestgütekriterien für kybernetisch-pädagogische Originalarbeiten in deutscher Sprache" (abgedruckt u. a. in „Kybernetik und Bildung I", Verlagsgemeinschaft Schroedel/Schöningh, Hannover und Paderborn 1975) verwiesen, die von Schriftleitung und Herausgebern der Beurteilung der eingereichten Manuskripte sinngemäß zugrundegelegt werden.